

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

TĚLESNÉ SLOŽENÍ U CHLAPCŮ MLADŠÍHO ŠKOLNÍHO VĚKU NA ZÁKLADĚ  
BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE

Diplomová práce  
(bakalářská)

Autor: Filip Polák, Učitelství pro střední školy,  
Tělesná výchova - geografie  
Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.  
Olomouc 2015

**Jméno a příjmení autora:** Filip Polák

**Název bakalářské práce:** Tělesné složení u chlapců mladšího školního věku na základě bioelektrické impedance

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

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

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2015

**Abstrakt:** Cílem bakalářské práce bylo změřit a analyzovat tělesné složení u chlapců mladšího školního věku a srovnat jej s doporučenými hodnotami. Měření bylo prováděno v roce 2014 pomocí metody multi-frekvenční bioelektrické impedance a to konkrétně na přístroji InBody 720 od společnosti Biospace. Soubor měřených probandů byl tvořen chlapci ve věku 8–10 let. Jednalo se o žáky olomouckých základních škol, rozdělených do jednotlivých věkových kategorií. Měření proběhlo za souhlasu rodičů a bylo schváleno etickou komisí Fakulty tělesné kultury UP v Olomouci. Měření potvrdilo sekulární (dlouhodobé) pozitivní změny všech sledovaných somatických parametrů, kromě BMI.

**Klíčová slova:** tělesný tuk, tukuprostá hmota, tělesná voda, analyzátor InBody 720, chlapci 6 – 11 let

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Filip Polák

**Title of the bachelor thesis:** The body composition of boys at young school age based on bioelectrical impedance method

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology

**Supervisor:** doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

**The year of presentation:** 2015

**Abstract:** Aim of the bachelor thesis was to measure and analyze body composition in boys at young school age and compare measured results with standard and recommended values. Measurement was realized in 2014 by using multifrequency bioimpedance method specifically by device called InBody 720 which is made by company called Biospace. Group of measured pupils consists of boys in range 8 – 10 years. All measured persons were pupils of primary schools in Olomouc. They were divided into single-year age categories. Measurement was realized with parents' agreement and was approved by ethic committee of Faculty of Physical Culture UP in Olomouc. Measurement confirmed long-term positive growing changes of all examined somatic parameters except for BMI.

**Key words:** body fat, fat free mass, body water, analyzer InBody 720, boys aged 6 – 11 years

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Miroslava Přidalové, Ph.D., uvedl jsem všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Děkuji paní doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování bakalářské práce.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	7
2	PŘEHLED POZNATKŮ .....	8
2.1	Ontogeneze a vývojová stádia člověka.....	8
2.2	Charakteristika mladšího školního věku.....	9
2.3	Tělesný vývoj v období mladšího školního věku .....	9
2.3.1	Růst a proporcionalita .....	10
2.3.2	Pohybová aktivita dětí a její vliv na tělesné složení a zdraví.....	13
2.4	Normy vybraných somatických parametrů u chlapců mladšího školního věku .....	14
2.5	Tělesná hmotnost a tělesné složení.....	23
2.6	Modely tělesného složení .....	23
2.7	Vybrané parametry tělesného složení.....	26
2.7.1	Tělesná voda.....	26
2.7.2	Tukuprostá hmota (FFM – fat-free mass) .....	26
2.7.3	Tělesný tuk .....	27
2.8	Metody odhadu tělesného složení.....	28
2.8.1	Antropometrie .....	29
2.8.2	Biofyzikální a biochemické metody.....	29
2.9	Bioelektrická impedanční analýza (BIA) .....	32
2.9.1	Historie .....	32
2.9.1	Princip a charakteristika bioelektrické impedanční analýzy .....	32
2.9.2	Metody BIA.....	35
3	CÍLE .....	36
4	METODIKA.....	37
4.1	Charakteristika souboru a měření .....	37
4.2	Analyzátor tělesného složení InBody 720 .....	37
4.2.1	Přímo rozdělující více frekvenční bioelektrická impedance .....	38
4.2.2	Zásady zaručující přesné měření na přístroji InBody 720.....	41
4.2.3	Získané parametry při analýze pomocí InBody 720 .....	42
5	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	44
6	ZÁVĚRY.....	50
7	SOUHRN .....	54
8	SUMMARY .....	55
9	REFERENČNÍ SEZNAM.....	56
10	PŘÍLOHY.....	61

## 1 ÚVOD

Je vaše dítě zdravé? Tato otázka určitě zajímá každého rodiče. Je to otázka velmi obecná a složitá, nicméně měření tělesného složení na ni může alespoň částečně odpovědět. Může odhalit nejen problémy týkající se zastoupení jednotlivých komponent tělesného složení, ale nejnovější přístroje (mezi které nepochybně patří InBody 720) jsou schopny daleko sofistikovanějších analýz, např. zjistí množství útrobního tuku nebo zhodnotí vaši fyzickou zdatnost. Ještě před několika lety bylo měření tělesného složení záležitostí spíše sportovců, jedinců trpících určitými nemocemi apod., ale přístupnost pro širokou veřejnost byla velmi omezená. Současná doba a technický pokrok rapidně zlepšily podmínky a možnosti nechat si změřit tělesné složení nejen v rámci určitého vyšetření, ale i jen preventivně a informativně. Významný podíl na tom má i rozšíření bioelektrické impedanční analýzy.

Tato metoda měření tělesného složení, kterou využívá také přístroj InBody 720 od společnosti Biospace je rychlá, neinvazivní, technicky nenáročná, relativně přesná a obsluha přístrojů je jednoduchá. Proto se rychle rozšířila i mimo lékařskou sféru a je využívána i v oblastech jako je wellness nebo fitness a stala se dostupnou téměř pro kohokoli.

V České republice probíhala celostátní antropologická měření v rámci desetiletých intervalů, posledním byl VI. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže z roku 2001. Hlavním cílem výzkumů je zajistit růstové referenční údaje resp. růstové grafy základních tělesných rozměrů pro dětskou a dospívající populaci (Vignerová, Riedlová, Bláha, Kobzová, Krejčovský, Brabec & Hrušková, 2006).

Vzhledem k nedostatečné finanční podpoře celostátních antropologických výzkumů dochází k měření jen základních antropologických parametrů, jako jsou tělesná hmotnost, výška, eventuelně obvody. Z nich jsou následně počítány různé jednotky, jako je např. BMI. Roku 1985, kdy se konala celostátní československá spartakiáda, proběhlo poslední rozsáhlé zjišťování tělesného složení na základě antropometrických hodnot.

S přihlédnutím k faktu, že obezita či nadváha u dětí se určují většinou prostřednictvím BMI, který je pouze hmotnostně výškovým vztahem a není schopný realizovat frakcionaci tělesné hmotnosti a vzhledem k faktu, že tělesné složení je významným ukazatelem zdravotního stavu dítěte, slouží k porovnání s doporučenými hodnotami a zároveň může predikovat vývoj jedince do budoucna, jsme se rozhodli uskutečnit měření na olomouckých základních školách pomocí přístroje InBody 720.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Ontogeneze a vývojová stádia člověka

Život každého člověka prochází různými vývojovými stádii a zaznamenáváme řadu změn a to nejen fyzických, ale samozřejmě i psychických a na dalších rovinách. Lidský organizmus se neustále mění a tímto vývojem se zabývá ontogeneze. Je to proces, kterým prochází člověk od okamžiku splynutí pohlavních buněk, přes dětství, dospělost, stáří až po smrt.

Popsat a charakterizovat vývoj jedince není vůbec snadné. Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) uvádějí, že vývoj člověka je řízen primárně genetickým kódem, dále je ovlivňován působením hormonů a faktory zevního prostředí. Mezi faktory zevního prostředí patří faktory mateřské, klimatické a geografické, sociálně ekonomické, zdravotní stav jedince, pohybová aktivita aj. Důležitým činitelem je také výživa.

Stejně tak Langmeier (1991) naráží na totožný problém, kdy říká, že každý pokus o stručnou charakteristiku hlavních období lidského života musí narazit na četné obtíže. Zabývá se psychickým vývojem jedince a jednotlivými oblastmi psychiky odděleně, ale uvědomuje si, že je potřeba získat pohled na vývoj člověka vcelku a to s ohledem na jeho tělesný vývoj.

Riegerová et al. (2006) podotýkají, že již mnoho pedagogů, biologů i lékařů se pokusilo rozdělit lidský věk do přesně stanovených období, ale striktní hranice neexistují. Každé období je výsledkem přirozeného vývoje v období předešlém. Existují i velké intersexuální, etnické a individuální rozdíly. Proto jsou veškeré údaje o délce trvání jednotlivých životních období jen přibližné a informativní.

Tabulka 1. Rozdělení lidského věku, červeně vyznačeno období mladšího školního věku (dle Riegerová et al., 2006)

Období	Používaná konvenční hranice	Biologické vymezení
PRVNÍ DĚTSTVÍ (Infans I)	končí v 7 letech	po prořezání M1
novorozenec	28 dní	od přestřížení pupečního provazce, pozahojení jizvy
kojenec	12 měsíců	jen několik měsíců, do prořezání prvního zubu
batole	od 1 roku do 3 let	růst mléčného chrupu, motorický vývoj, 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 sekund. pohlavních zn.



starší školní věk	od 11–15 let	dospívání – puberta (menarche, poluce) druhá změna postavy
DOSPĚLOST dorostenecký věk (Juvenis)	od 15–18 let	od dosažení pohl. dospělosti adolescence (mladistvá dopěl.)
plná dospělost (Adultus)	do 30 let	zakládání rodiny, vrchol tělesné výkonnosti
zralost (Maturus I)	do 45 let	psychické zrání, počátek regrese morfologických znaků
střední věk (Maturus II)	do 60 let	vrchol psychické výkonnosti, pokles tělesné výkonnosti
stárnutí (Presenilis)	do 75 let	involuční změny, biologické „předpolí“ stáří
stáří (Senilis)	do 90 let	stařecké změny fyzické i psychické
kmetský věk	nad 90 let	

## 2.2 Charakteristika mladšího školního věku

Langmeier a Krejčířová (2006) označují jako mladší školní věk (MŠV) dobu od **6–7 let**, kdy dítě nastupuje do školy, do **11–12 let** kdy začínají první známky pohlavního dospívání i s průvodními psychickými projevy. Vzhledem k značným rozdílům mezi dětmi na začátku školní docházky a vyspělejšími dětmi dáváme ale často přednost samostatnému rozlišení do etap **mladšího školního věku** (6–8 let), středního školního věku (9–12 let) a staršímu školnímu věku (který se již kryje s pubescencí) a označuje mladší školní věk za přechodné období mezi hravým předškolním věkem a vyspělejším chováním školáka.

Jak uvádí Říčan (2004) je období mladšího školního věku pro dítě psychicky náročné, setkává s novými životními situacemi, jako je nástup do školy. Říčan tuto etapu života tedy od nástupu do školy až do cca 11 let nazývá jako radikální životní změny. Hlavní náplní života byla prozatím hra, nyní se jí však stává škola, s kterou přicházejí povinnosti a úkoly. Dítě se musí naučit ovládat, být ukázněné, přizpůsobené, schopné začlenit se do kolektivu. To vyžaduje značné úsilí a vypětí sil. Děti zrají i po stránce fyzické a zvláště u chlapců se to může projevit na jejich postavení v kolektivu. Kluci malí a subtilní jsou dost často trochu utlačováni a spíše v roli outsidersa, což může následně ovlivnit i jejich povahové vlastnosti do budoucna.

## 2.3 Tělesný vývoj v období mladšího školního věku

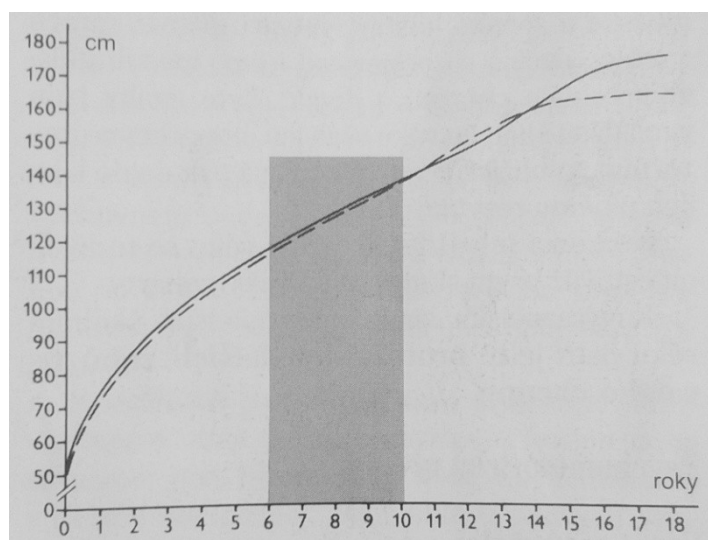
Z hlediska tělesného vývoje je závažné především omezení pohybu. S povinnou školní docházkou je dítě „nuceno“ po dlouhou dobu klidně sedět. Omezí se jeho pobyt na čerstvém

vzduchu. Dítě je v dětském kolektivu vystaveno riziku nákazy mnoha infekčními nemocemi. Se vrůstajícími požadavky na dítě dochází často k výskytu únavy. Nezvykle dlouhé sezení v školní lavici, soustředěnost a případně dojíždění do školy a následně domů mohou být právě zdrojem únavy a proto je důležité, aby mělo dítě dostatek spánku (Machová, 2002).

Počátek sezení v lavici má často dopady na antropometrické charakteristiky dětí. Déletrvající statická poloha v školní lavici (které dost často neodpovídají ergonomickým požadavkům) se může později negativně projevit v držení těla, zkrácení svalů a vzniku svalových dysbalancí. Problematiku špatného pohybového režimu dětí rozebírá ve své publikaci Hnízdilová (2006, 13) „Narušení svalové rovnováhy se u dětí projevuje především na počátku školního věku a před pubertou. Na vzniku se mimo jiné u školní mládeže podílí sezení v nevyhovujících školních lavicích“.

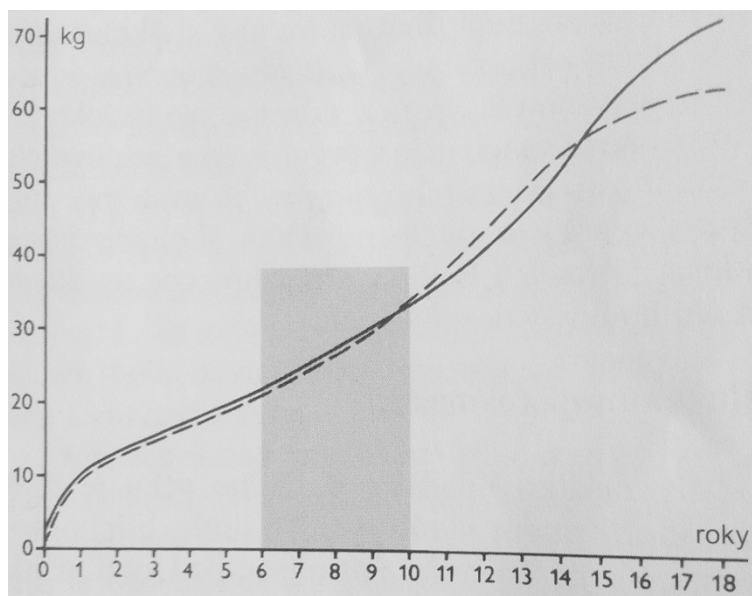
### 2.3.1 Růst a proporcionalita

Podle Machové (2002) se na začátku mladšího školního věku dítě nachází v období první vytáhlosti. Je štíhlé a břicho již nevystupuje dopředu. Dojem vytáhlosti je spojen s prodloužením končetin. Po skončení tzv. období první vytáhlosti kolem šesti a půl roku pokračuje dále období pomalého růstu a vývoje. Růstové tempo je klidné a poměrně pravidelné. Každý rok dítě vyrostne asi o 5 cm a jeho hmotnost se zvýší průměrně o 3 kg.



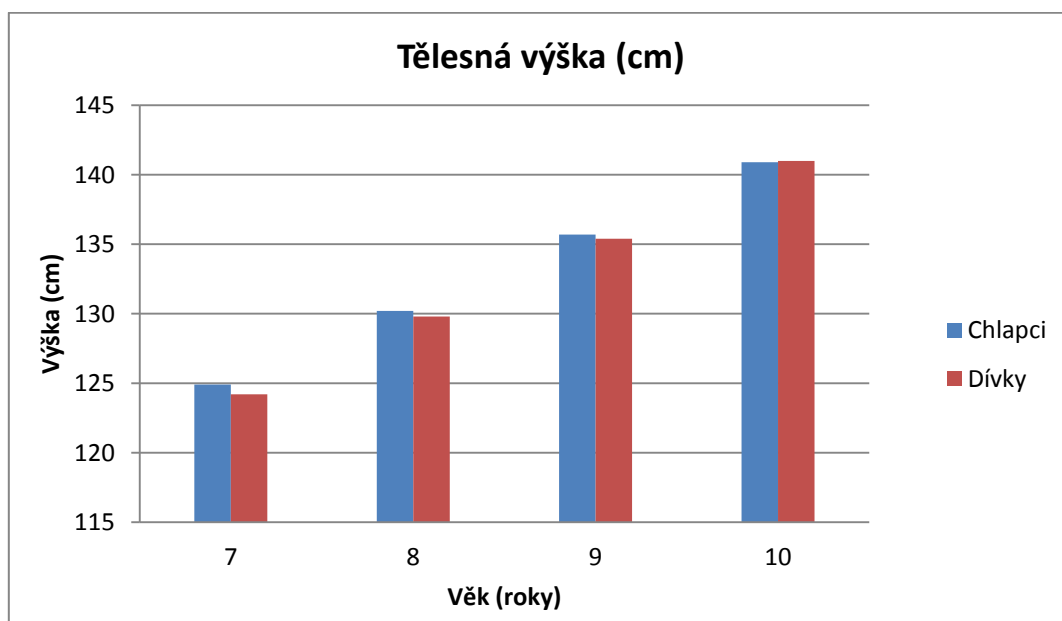
Obrázek 1. Průměrná výška chlapců a dívek od narození do 18 let (upraveno dle Machová, 2002)

Poznámka: plochou je vyznačeno období mladšího školního věku, plná čára – chlapci, přerušovaná – dívky

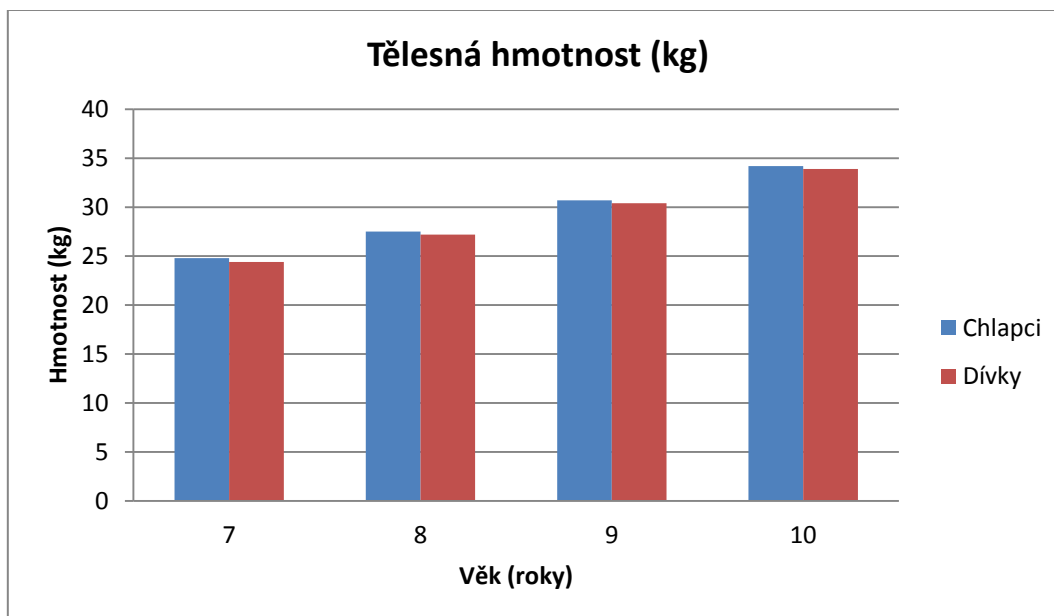


Obrázek 2. Průměrná hmotnost chlapců a dívek od narození do 18 let (upraveno dle Machová, 2002)

Poznámka: plochou vyznačeno období mladšího školního věku, plná čára – chlapci, přerušovaná – dívky



Obrázek 3. Průměrná výška dětí ve věku 7 – 10 let (data z CAV 1991 in Machová, 2002)



Obrázek 4. Průměrná hmotnost dětí ve věku 7 – 10 let (data z CAV 1991 in Machová, 2002)

Klidné růstové tempo přispívá i k opětovnému přibývání podkožní tukové vrstvy a tělesné tvary se stávají plnějšími. Období první vytáhlosti je vystřídáno obdobím druhé plnosti. Hlava už téměř neroste a pozvolna se zmenšuje i její podíl na tělesné výšce. V deseti letech dosáhne 95 % své definitivní velikosti. Hrudník se oplošťuje v předozadním směru. V mladším školním věku začíná již celkové tvarové pohlavní rozlišování těla chlapců a dívek, což je také důvodem označení tohoto období jako „bisexuální dětství“. Nejde o vývoj druhotných pohlavních znaků, ale o vývoj pohlavních rozdílů mužské a ženské kostry ve tvaru pánve, ramen a lebky. Začíná se také projevovat jiná distribuce a ukládání tuků u chlapců a dívek. Tyto znaky jsou však jen naznačeny a tvoří počátek pro pubertu, kde dojde k jejich plnému projevení a rozvinutí (Machová, 2002).

Riegerová et al. (2006) uvádějí rychlost růstu v období mladšího školního věku průměrně o 5 cm za rok, kdy prepubertálně rychlost klesá. V tomto období ještě nejsou mezi dívkami a chlapci příliš velké rozdíly. Z analýz růstových křivek vyplývá, že se během dětství pravidelně opakují zhruba po dvou letech období urychleného růstu. Tento jev se nazývá jako tzv. období předškolního spurtu (zhruba před dosažením pátého roku života). Dále následuje mid-spurt (před dosažením sedmého roku). Případně i pozdní dětský spurt (přelom devátého roku) a prepubertální spurt (v rozmezí desíti až jedenácti let). U dívek probíhají vlny nepatrně dříve a mají kratší trvání. Nástup a průběh minispurtů je v dětské populaci natolik proměnlivý, že výsledná růstová křivka v dětství má téměř lineární průběh. Jako nejzřetelnější se jeví mid-spurt, který je spojován s počátkem stoupající sekrece adrenálních androgenů

mezi 6. a 8. rokem života. Adrenarché je významným okamžikem ve vývoji jedince, začíná se zvyšovat procento celkového tělesného tuku a dochází k sexuálnímu dimorfismu v jeho ukládání. U dívek je po osmém roce zřetelný stálý nárůst, u chlapců je nárůst po 10 roce vystřídám poklesem celkového tělesného tuku. Nastává remodelace pánve, tělesné proporce a biomechanika pohybového aparátu nabývají dospělého vzorce.

V případě chlapců je adolescentní spurt typický prudkým přírůstkem svalové hmoty, kostní denzity a poklesem průměrných hodnot tukové tkáně. U dívek nastává tento pubertální spurt dříve a to o cca 1,5 roku a nedochází k tak výrazným změnám v tělesném složení, charakteristické je, že dívky mají ve všech věkových kategoriích trvale vyšší hodnoty průměrného procentuálního zastoupení tukové složky, což souvisí s fyziologií ženského těla a přípravou na těhotenství a laktaci v budoucnosti, kdy tukové zásoby představují zdroj energie pro plod (Bogin, 1999).

U dětí po prvním roce života hodnoty podílu tukové složky klesají a dosahují svého minima přibližně v šesti letech. Od tohoto okamžiku dochází k nárůstu procenta tukové složky konstantně až do období, kdy začíná puberta. Tento mezník se nazývá „adiposity rebound“ (AR). V tomto období dochází k vzniku výraznějších mezipohlavních rozdílů ve vývoji hodnot procenta tukové složky lidského těla (Maffeis, 2000).

Adiposity rebound je fáze života, mezi třemi a šesti lety, v nichž se zastavuje pozvolný pokles hodnoty BMI a procenta tuku, zahájený u zdravého dítěte přibližně ve věku jednoho roku a obě tyto hodnoty se začnou opět pozvolna zvyšovat. Může se jednat o indikátor obezity dítěte v nadcházejících letech, proto je důležité jej co nejdříve odhalit (Marie-Francoise, Deheeger, Bellisle, Sempé, Guilloud-Bataille, & Patois, 1984).

### **2.3.2 Pohybová aktivita dětí a její vliv na tělesné složení a zdraví**

Celá ontogeneze je spojena s pohybem, který ji provází, podílí se na ní a je její součástí. To platí nejen pro dětství a adolescenci, ale samozřejmě také pro dospělost a následně i stáří. Adekvátní pohyb představuje předpoklad pro harmonický proces růstu i vývoje, ale všeobecně i pro optimální funkce organismu. Samotná fyzická stimulace jedince se promítne i do dalších generací jak ve formě výchovy, tak i v zděděných předpokladech a potřebách (Dylevský et al., 1997)

Správně zvolená aktivita má pozitivní vliv na oběhové funkce a rozvíjí aerobní zdatnost. Kromě toho také kladně ovlivňuje svalovou sílu a vytrvalost a také flexibilitu. Jmenované složky společně se složením těla jsou celosvětově přijímány jako základní hlediska hodnocení zdatnosti ve vztahu ke zdraví. Doporučuje se, aby se děti mladšího

školního věku pohybovali každodenně. Nejčastěji se doporučuje hodina pohybu denně ve střední intenzitě. Pro prevenci obezity se však za minimální hraniční aktivitu považuje 12 000 kroků denně u děvčat a 15 000 kroků pro chlapce (Dvořáková, 2012).

Máček, Radvanský et al. (2011) udávají, že pro příznivý a správný vývoj dětského organismu je dostatek pohybové aktivity nutností. Spontánní pohyb v batolivém a předškolním věku, který se s postupným stárnutím jedince snižuje, by měl být nahrazen pohybem řízeným. Vedle bezprostředního působení má pohybová aktivita i hlubší význam a to dobrý zdravotní stav v dospělosti. Zabezpečuje optimální vývoj pohybového systému, kardiopulmonální výkonnost a vyšší inzulinovou senzitivitu. Snižuje pravděpodobnost vzniku obezity v průběhu dospívání, dyslipemie a inzulinové rezistence.

Vzhledem k faktu, že 12 až 22 % amerických dětí ve věku 6–11 let splňují definici obezity na základě hodnoty BMI a zároveň s přihlédnutím ke skutečnosti, že na školách v USA se stále redukuje počet hodin tělesné výchovy, byl proveden výzkum. Na čtrnácti pracovištích zabývajících se a zprostředkovávajících aktivitu dětí po vyučování proběhl tříměsíční výzkum, který absolvovalo 226 dívek a 344 chlapců ve věku 5 až 12 let. Třikrát týdně po dobu pětáctyřiceti minut děti vykonávali nejružnější cvičení zaměřená na zlepšení kardiovaskulárního systému, odporová cvičení a aktivity na rozvoj flexibility. Výsledek prokázal výrazné zlepšení ve všech procvičovaných attributech, zejména v rozvoji síly. Flexibilita byla více rozvinutá u dívek, než u chlapců. Všechny věkové skupiny vykázaly výrazné zlepšení ve změně jednotlivých komponent tělesného složení, s výjimkou nejmladších chlapců (ve věku 5 až 6 let). Zejména u dětí s nadváhou byly úbytky tuková tkáň zřetelné (Annesi, Westcott, Faigenbaum, & Unruh, 2005).

#### **2.4 Normy vybraných somatických parametrů u chlapců mladšího školního věku**

Sledování hodnot základních charakteristik dětí a dospívající mládeže je základní a jednoduchý způsob posouzení zdravotního stavu jedinců či skupin populace. Samotné hodnoty tělesných charakteristik mají však jen velmi nízkou informační hodnotu. Proto je nutné výsledky posuzovat a porovnávat s tzv. standardními, respektive referenčními údaji. Tyto údaje jsou výsledkem pozorování reprezentativního vzorku populace, nejčastěji na národní úrovni. Také Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje referenční údaje základních tělesných charakteristik, ty jsou pro vyspělé země jen jakýmsi vodítkem a možností srovnání s ostatními zeměmi. Normy, které jsou doporučovány pro dětskou populaci v České republice, byly stanoveny na základě řady na sebe navazujících antropometrických výzkumů. Kromě antropologie mají tato data široké uplatnění např. v pediatrii,

endokrinologii, plastické chirurgii, stomatochirurgii, obezitologii, ergonomii atd. Rovněž slouží jako komparační materiál s jinými populacemi (Bláha et al., 2001).

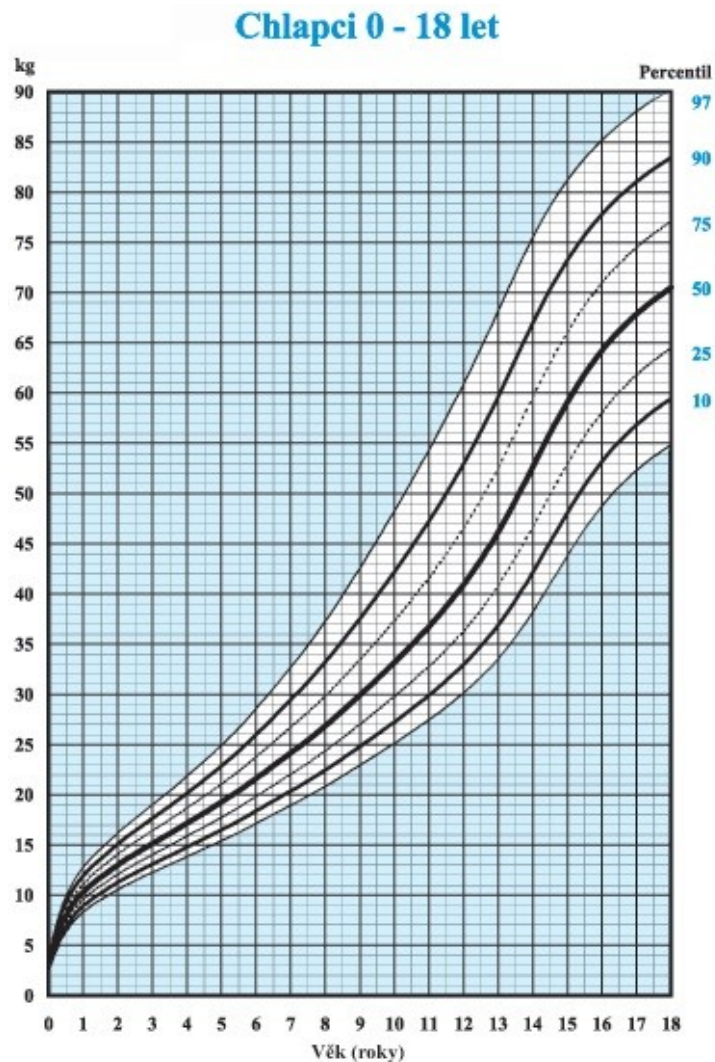
Česká republika je jednou ze zemí, ve kterých mají antropologické výzkumy dlouhou tradici. Vůbec první rozsáhlý antropologický výzkum dětí a mládeže provedl v Českých zemích Rakousko-Uherska český antropolog a lékař profesor J. Magietka, který v roce 1895 antropometricky vyšetřil téměř sto tisíc školních dětí ve věku šesti až čtrnácti let. V poválečném období byly výzkumy zaměřeny na zjištění zdravotního a výživového stavu populace, další výzkumy následovaly v desetiletých intervalech a byly zaměřeny na zjištění růstových referenčních údajů a základních růstových charakteristik dětské a dospívající populace (Vignerová et al., 2006).

### **Percentilové grafy a tabulky**

K hodnocení antropometrických charakteristik jedinců nebo skupin populace se používají nejčastěji percentilové grafy anebo tabulky. Podkladem pro konstrukci jsou antropometrická vyšetření reprezentativního souboru jedinců.

V percentilových růstových grafech jsou graficky znázorněny hodnoty hlavních percentilů (nejčastěji 3., 10., 25., 50., 75., 90. a 97.) referenční populace. Hodnota daného percentilu znamená, že dané procento referenční populace dosáhne této hodnoty tělesné charakteristiky a hodnot nižších. Naměřené hodnoty jednotlivců nebo průměrné hodnoty sledovaných skupin populace jsou pak zaznamenávány do grafu a hodnoceny vzhledem k percentilovým hodnotám referenční populace. Odchytky naměřených hodnot jedinců od předpokládaného průběhu mohou signalizovat některé poruchy růstu či jiná závažná onemocnění (Bláha, et al., 2001, 12)

V případě, že dítě žije v takových podmínkách, ve kterých může být uplatněn jeho genetický potenciál, tzn. ve vhodných sociálně-ekonomických podmínkách, při dostatečné zdravotní péči a zajištění vhodné potravy, pak by měl jeho růst probíhat v souladu s doporučenými referenčními údaji. To znamená, že při opakovaném měření probíhá růstová křivka pozorovaného dítěte souběžně s křivkami percentilovými, nejlépe v rozpětí 25. – 75. percentilu, což představuje normu. Mírná překročení neznamenají nutně abnormalitu, nebo nějakou nemoc a zejména v období pubertálního růstu jsou poměrně častá (Bláha et al., 2001).



Obrázek 5. Ukázka percentilového hmotnostního grafu pro chlapce ve věku 0 – 18 let (upraveno dle <http://www.rustovyhormon.cz/percentilove-grafy-k-tisku>)

### **Výzkumy v oblasti tělesného složení u dětí mladšího školního věku a normativní data**

Na území Československé respktive České republiky byla provedena několikrát antropologická měření dětí mladšího školního věku, jejichž dílčí výsledky jsou zpracovány do přehledných grafů. Hodnoty jsou uspořádány do jednoletých věkových kategorií a to pro děti ve věku 6 – 12 let, kdy věkové rozpětí 6,00 – 6,99 let spadá do věkové kategorie 6 let, věkové rozpětí 7,00 – 7,99 let spadá do věkové kategorie 7 let atd. Data v grafech jsou vybrána z celostátních a lokálních výzkumů, které jsou chronologicky časově seřazeny:

- Růst českých a slovenských dětí 1976 – 1978 (Hajniš et al., 1989);
- Celostátní československá spartakiáda 1985 (Bláha et al., 1986);
- V. Celostátní antropologický výzkum z roku 1991 (Bláha et al., 2001);



- Somatodiagnostika dětí mladšího školního věku z Olomouce (Přidalová, 1998);
- VI. Celostátní antropologický výzkum z roku 2001 (Vignerová et al., 2006);
- Základní antropometrické parametry dětí z moravskoslezského kraje (Kutáč, 2013).

Dále pro srovnání a doplnění uvádím data z dvou mezinárodních zdrojů:

- The National Centre for Health Statistic z roku 1977 (Hamill et al., 1979);
- Normy a standardy světové zdravotnické organizace z let 1977 a 2007 (World Health Organization, 2014).

**Růst českých a slovenských dětí 1976 – 1978** byl výzkum, který probíhal v letech 1976 – 1978, kdy ke statistickému zpracování byly k dispozici údaje od 10 661 dětí a to v jednoletých věkových kategoriích. Byly zjišťovány základní somatické parametry, pro naše potřeby se jedná konkrétně o tělesnou hmotnost a výšku. Tělesné složení zjišťováno nebylo (Hajniš et al., 1989).

**Celostátní československá spartakiáda z roku 1985** byla v zájmu poznání tělesné stavby československé populace doprovázena rozsáhlým antropologickým výzkumem. Ten byl rozdělen do dvou fází, v jeho první fázi byli měřeni probandí ve věku 6 – 18 let ve všech krajích Československé republiky. Tato fáze proběhla v terénních podmínkách na základních a středních školách různého zaměření v nezávislosti na tom, jestli vyšetřované osoby byly součástí nácvičku spartakiády či nikoli. Jde tedy o reprezentativní vzorek celé populace. Celkově bylo vyšetřeno 10 450 probandů. V druhé fázi byli vyšetřeni dospělí ve věku 19 – 55 let. Na základě naměřených hodnot se určovaly tyto somatické charakteristiky: tělesná hmotnost, výškové a délkové rozměry, šířkové rozměry, obvodové rozměry, kožní řasy, ze kterých se následně určovalo složení těla a somatotyp pomocí metody Matiegky a Pařízkové (Matiegka, 1921 in Bláha, 1986)

**V. Celostátní antropologický výzkum z roku 1991** byl rozsáhlou akcí, kdy výsledky měření byly stanoveny na základě několika výzkumů. Jedná se hlavně o samotný výzkum z roku 1991, který byl proveden v rámci grantu IGA MZd ČR č. 0268-3. Dále byly použity podklady z interního výzkumu Ústavu sportovní medicíny v Praze roku 1990 a grantu IGA MZd ČR č. 3979-3 „Semilongitudinální studie tělesného růstu a školní mládeže ČR“.

Přidalová (1998) ve své disertační práci provádí somatodiagnostiku dětí v mladším školním věku v Olomouci, jejíž součástí je také tělesné složení dětí. Měřeno bylo 500

probandů, jedná se o lokální výzkum dětí přímo z Olomouce, kdy byly měřeny všechny šířkové, obvodové a délkové parametry a následně tělesné složení a konstituce, včetně somatických indexů.

**VI. Celostátní antropologický výzkum z roku 2001.** Vignerová et al. (2006) navazuje v tomto díle na předchozí publikace podobného zaměření. Cílem je publikovat výsledky 6. Celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže ČR 2001. Tento výzkum byl finančně podpořen interní grantovou agenturou MZ ČR, grant č. NJ/6792-3. Následná analýza dat a vydání této knížky bylo rovněž podpořeno interní grantovou agenturou MZ ČR, grant č. NR/7857-3. Prostřednictvím pediatriů, učitelek, hygienických stanic atd. byly nashromážděny antropometrické údaje o 59 109 dětech a dospívajících ve věku do 19 let. Byla zjišťována tělesná výška, hmotnost, obvod hlavy, paže, břicha a boků.

O 10 let později tedy v roce 2011 už celostátní antropologický výzkum realizován nebyl a to i navzdory faktu, že byla opakovaně podána žádost o udělení finanční podpory formou grantu IGA MZ ČR (Státní zdravotní ústav, 2014).

**Základní antropometrické parametry dětí z moravskoslezského kraje.** Poslední rozsáhlé antropometrické měření se konalo v rámci československé spartakiády roku 1985, následované celostátními antropometrickými výzkumy z let 1991 a 2001. Později vznikly ještě dva dílčí výzkumy v roce 2006, které měli na starosti v prvním případě Bláha a kolektiv autorů a v druhém případě Kopecký. Tyto výzkumy však zahrnovali jen vybrané věkové skupiny ve vybraných regionech. V Moravskoslezském kraji tato měření prováděna nebyla, a proto postrádáme aktuální hodnoty dětské populace, které by bylo možné použít jako normativ, při měření vybraných skupin jako jsou např. sportovci. Proto došlo k měření v moravskoslezském kraji, jehož cílem bylo analyzovat a posoudit vývoj tělesné výšky, hmotnosti a BMI v průměrné populaci mladšího školního věku až adolescentního věku, kterého se zúčastnilo 1633 chlapců a 1717 dívek navštěvujících základní a střední školy. V chlapecké kategorii byli měřeni jedinci ve věku 11 – 18 let (Kutáč, 2013).

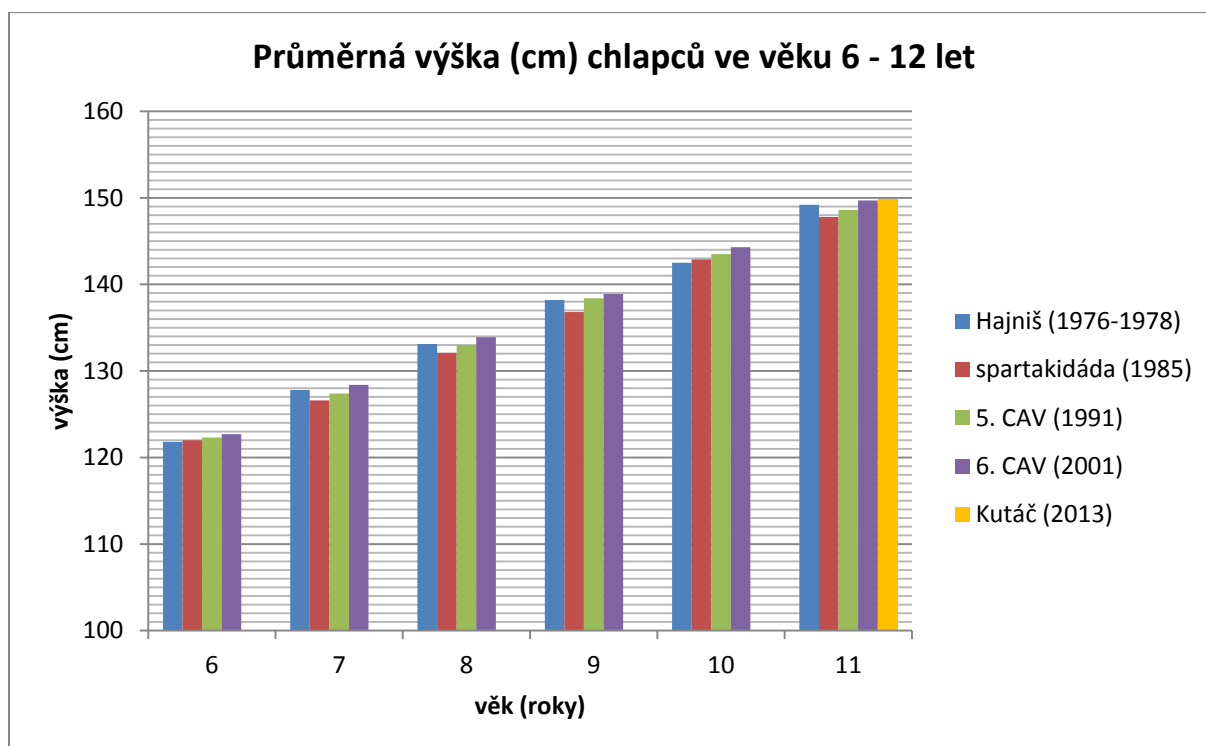
V samostatném grafu ještě uvádím hodnoty z mezinárodních zdrojů, prvním z nich jsou hodnoty z USA, kde prostřednictvím The American Journal Of Clinical Nutrition vydala společnost **The National Centre for Health Statistic** percentilové tabulky a grafy založené na přesném měření provedeném na národním reprezentativním vzorku dětí. Důvodem byl právě nedostatek objektivních dat antropologického charakteru, získaný z malého vzorku populace. Reprezentativní vzorek, který byl měřen a z nějž vznikla prezentovaná data je tvořen ze 7417 probandů ve věku 6 až 11 let (Hamill et al., 1979).

### Normy a standardy světové zdravotnické organizace (WHO). Světová

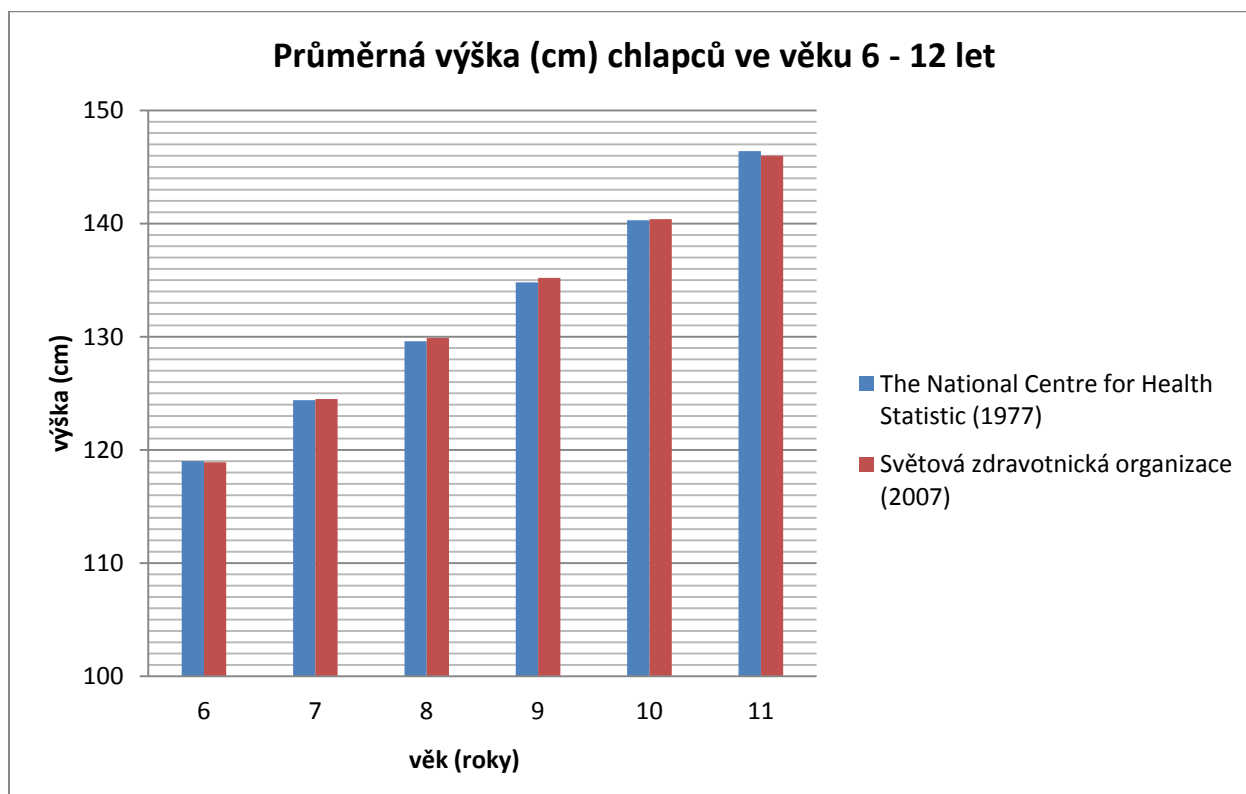
zdravotnická organizace také vydává standardy a referenční údaje zachycující antropologické charakteristiky populace. Některé země je berou jako orientační a řídí se podle svých referenčních údajů (např. Česká republika), ale některé země, zejména rozvojové, využívají data vzniklá právě činností světové zdravotnické organizace jako referenční data, protože nemají k dispozici data, která vzešla z jejich země a tvoří objektivní reprezentativní vzorek pro porovnání. Podklady pro vytvoření percentilových tabulek světové zdravotnické organizace vycházejí z nasbíraných dat roku 1977 (National Center for Health Statistics) a jsou doplněna o data z roku 2007. Celkový vzorek tvoří 22 917 probandů a z toho 11 410 představují chlapci.

### Tělesná výška

Následující grafy jsou prezentací dat z výše popsanych zdrojů, jedná se o porovnání hodnot tělesné výšky chlapců mladšího školního věku v jednoletých věkových kategoriích. První zachycuje hodnoty z českých zdrojů. Druhý graf obsahuje hodnoty z mezinárodních zdrojů. Z obrázku 6 je zřejmé působení sekulárního trendu ještě v prvním desetiletí 21. století. Vzhledem k průměrným hodnotám tělesné výšky WHO a The National Centre for Health Statistic se čeští chlapci jeví ve všech věkových kategoriích jako vyšší.



Obrázek 6. Průměrná tělesná výška (cm) chlapců ve věku 6 – 12 let (upraveno dle Hajniš et al., 1989; Bláha et al., 1986; Bláha et al., 2001; Vignerová et al., 2006; Kutáč, 2013)

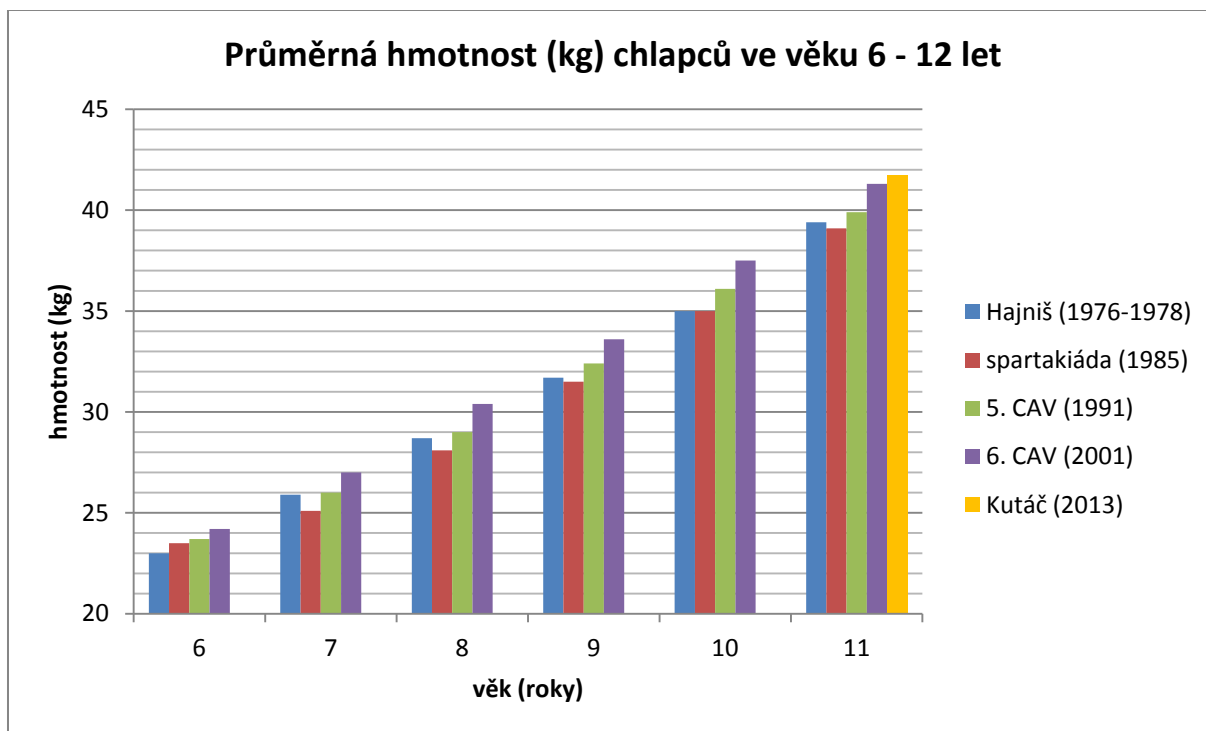


Obrázek 7. Průměrná tělesná výška (cm) chlapců ve věku 6 – 12 let (upraveno dle Hamill et al., 1979; World Health Organization, 2014)

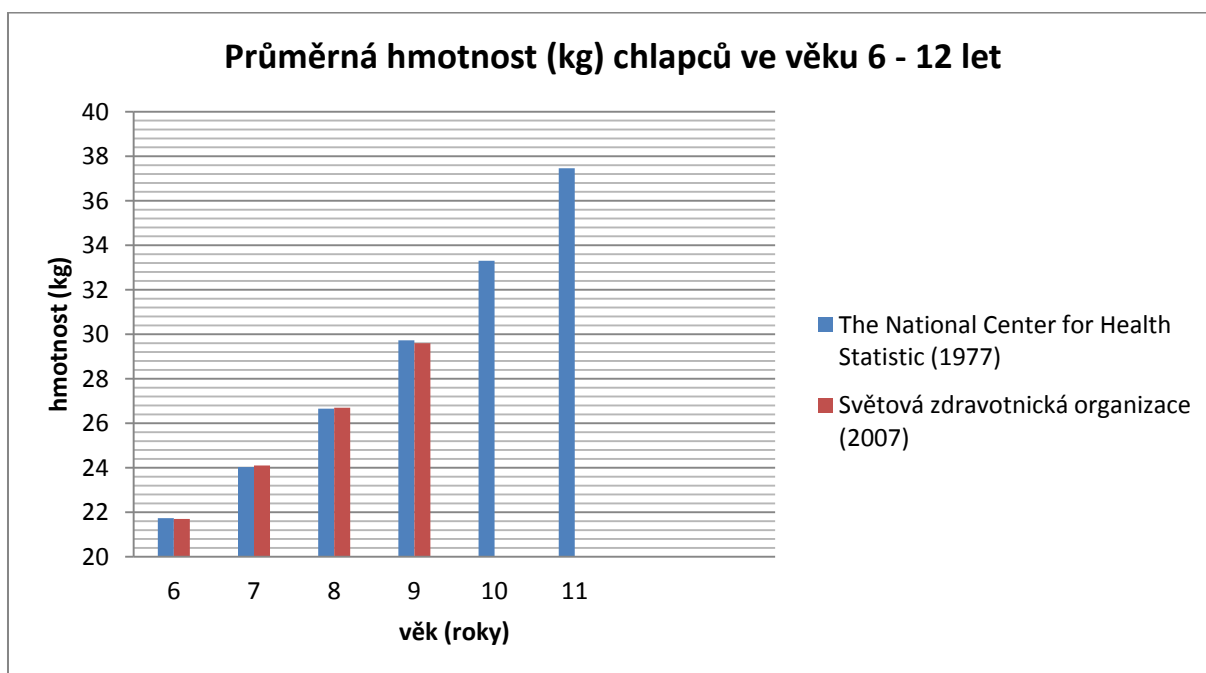
### Tělesná hmotnost

Stejně jako v předchozí kapitole porovnáváme hodnoty naměřeného parametru, tentokrát hmotnosti, u chlapců v mladším školním věku. První graf opět zobrazuje trend v českých zemích, druhý graf se zabývá zahraničními zdroji.

Světová zdravotnická organizace (2007) bohužel neposkytuje údaje pro hmotnost chlapců ve věkových kategoriích 10,00 – 10,99 a 11,00 – 11,99. První graf potvrzuje sekulární (dlouhodobý) pozitivní trend ve vývoji tělesné hmotnosti, kdy průměrná hmotnost chlapců ve věkové kategorii 11,00 – 11,99 je u výzkumu Kutáče (2013) více než o 2 kilogramy vyšší než v případě českých a slovenských dětí měřených v letech 1976 – 1978.



Obrázek 8. Průměrná tělesná hmotnost (kg) chlapců ve věku 6 – 12 let (upraveno dle Hajniš et al., 1989; Bláha et al., 1986; Bláha et al., 2001; Vignerová et al., 2006; Kutáč, 2013)



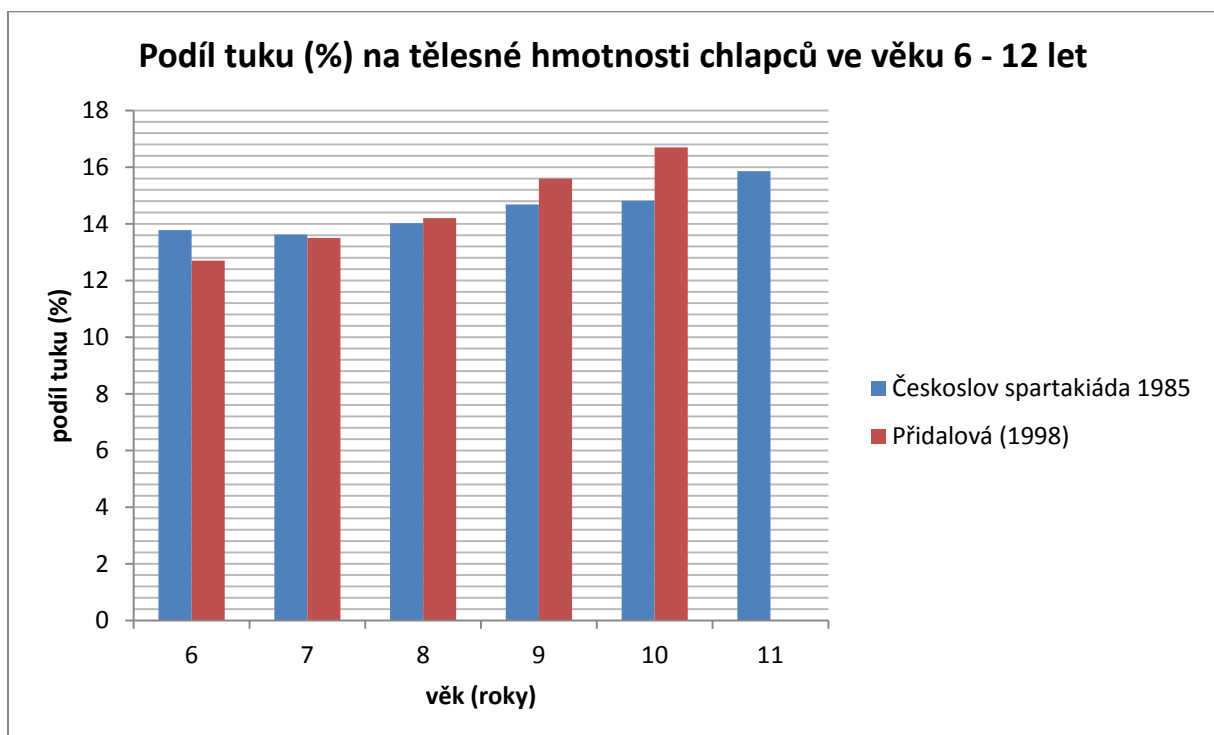
Obrázek 9. Průměrná tělesná hmotnost (kg) chlapců ve věku 6 – 12 let (upraveno dle Hamill et al., 1979; World Health Organization, 2014)

## Frakce tuková

Podíl tukové frakce na tělesném složení je významným zdravotním ukazatelem, bohužel nebývá standardně součástí antropologických výzkumů. V následujícím grafu uvádíme vývoj podílu tukové frakce (%) na tělesné hmotnosti u chlapců v mladším školním věku.

Data podílu tukové složky máme pouze ze dvou výzkumů, prvním byla československá celostátní spartakiáda, která se konala v roce 1985. Bláha et al. (1986) uvádí ve své publikaci, že se rozhodli využít metod frakcionace hmotnosti podle Matiegkových rovnic. Dále bylo složení těla určováno také pomocí modifikované metody Drinkwatera a Rosse (1980) za účelem porovnání obou metod na širokém spektru věkových kategorií. Tato metoda navazuje určitým způsobem na metodu podle Matiegky s tím rozdílem, že k vypočtení jednotlivých komponent je používáno výlučně fantomových antropometrických údajů a nepoužívá se uměle vytvořených konstant. Výhodou obou metod je, že k určení podílů hmotnosti kostry, kosterního svalstva, tuku a zbytku používají zevních tělesných rozměrů, které je možno měřit i v terénu.

Druhým zdrojem dat pro porovnání tělesného složení je disertační práce Přidalové (1998), která použila pro výpočet podílu tuku na tělesné hmotnosti metody Pařízkové i Matiegky. Pro lepší srovnání ponecháváme Matiegkovu metodu.



Obrázek 10. Průměrný podíl tuku (%) na hmotnosti chlapců ve věku 6 – 12 let (upraveno dle Bláha et al., 1986, Přidalová, 1998)

## 2.5 Tělesná hmotnost a tělesné složení

Mezi základní morfologické parametry, ze kterých vycházíme při hodnocení tělesného složení, patří hmotnost těla vzhledem k jeho složitosti. Studie zkoumající tělesné složení se zaměřují na změny podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích ontogeneze a to zejména v období růstu a stárnutí, také v důsledku působení fyzické zátěže, či změny tělesného složení u různých metabolických onemocnění, klinických syndromů, tělesně nebo psychicky postižených pacientů.

Úroveň jednotlivých frakcí celkové hmotnosti zároveň vypovídá o aktuálním zdravotním stavu a výživě.

Největší vliv na tělesné složení je genetický, ale je formováno také exogenními faktory (pohybová aktivita, výživové faktory, celkový zdravotní stav organismu).

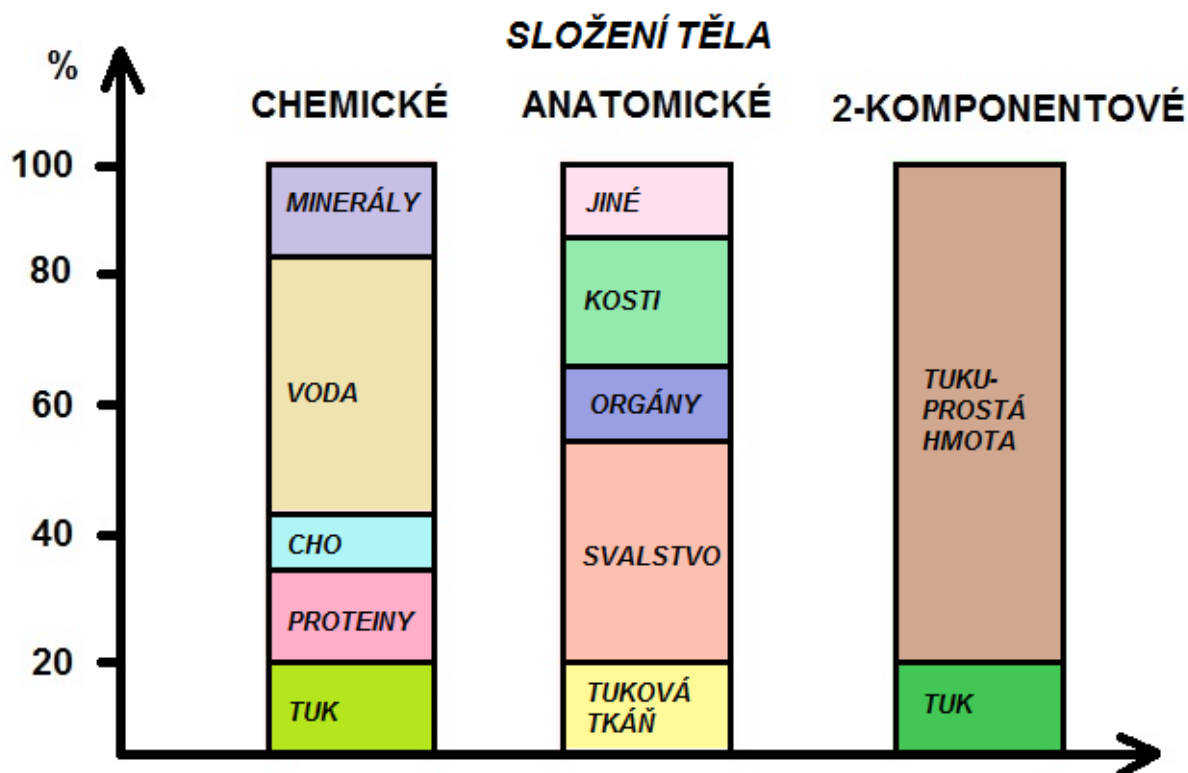
Frakcionaci hmotnosti lze chápat ze dvou aspektů:

- jako podíl jednotlivých tkání na hmotnosti těla (tělesné složení – body composition);
- z aspektu hodnocení hmotnosti jednotlivých tělesných segmentů jako článků kinematického řetězce (distribuce hmoty těla); podíl jednotlivých složek ovlivňuje hmotnost daných segmentů a ta má vztah k řadě parametrů určujících pohyb těla pod vlivem vnějších a vnitřních sil (Riegerová et al., 2006).

## 2.6 Modely tělesného složení

„Tělesná hmotnost je součtem řad komponent – komponent tělesného složení. Tyto komponenty byly uspořádány do tzv. modelů tělesného složení. Jednotlivé modely se liší podle počtu a typů uvedených komponent“ (Riegerová et al., 2006)

Původní pohled na komponenty složení lidského těla byl dán chemickým a anatomickým modelem. Chemicky je tělo tvořeno tukem, bílkovinami a sacharidy minerály a vodou. Anatomicky je tvořeno tukovou tkání, svalstvem, kostmi, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi (Riegerová et al., 2006).



Obrázek 11. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno dle Wilmor, 1992, in Riegerová et al., 2006)

Nejpoužívanější je dvoukomponentový model, který dělí lidské tělo na dvě základní komponenty a to na tuk (fat mass, FM) a tukuprostou hmotu (fat-free mass, FFM).

### **Anatomický model**

Jeho východiskem je zastoupení jednotlivých prvků v organismu. Celkově se v lidském těle nachází 50 různých prvků, 98% hmotnosti lidského těla představují tyto prvky: O, C, H, N, Ca, P a zbylá 2 % tvoří dalších 44 prvků (Heymsfield, S. B., Waki, M., Kehayas, J. et al., 1991, Riegerová et al., 2006)

### **Molekulární model**

Podstatou tohoto modelu je jedenáct základních prvků, které tvoří molekuly a ty představují více než 100 000 chemických sloučenin tvořících lidské tělo. Podle molekulárního modelu se hmotnost těla dělí na lipidy, vodu, proteiny, minerály a glykogen (Wang, Pierson Jr, & Heymsfield, 1992, Riegerová et al., 2006).

### **Buněčný model**



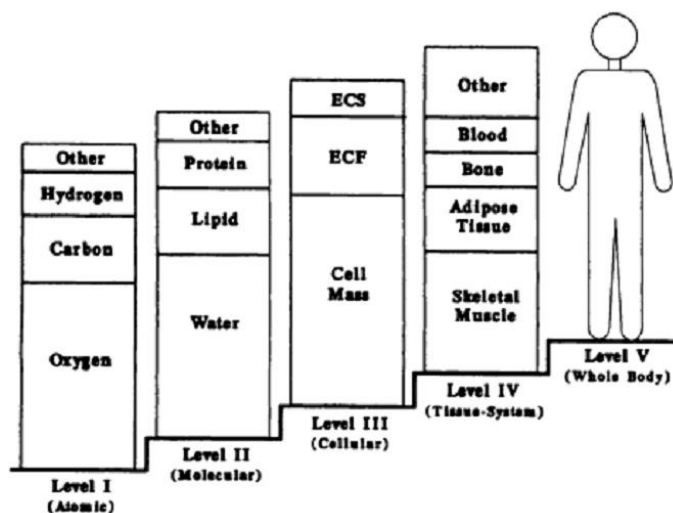
Dle Riegerové et al. (2006) je podstatou buněčného modelu spojení jednotlivých molekulárních komponent v buňky. Hmotnost těla je zde dána třemi elementy: buňkami, extracelulární tekutinou (ECT, která je tvořena plazmou a intersticiální tekutinou) a extracelulárními pevnými látkami (ECLP, tvořené organickými i anorganickými látkami).

### Tkáňově-systémový model

Principem je organizace molekul do tkání a to konkrétně do tkáně kostní, svalové a tukové. Hmotnost těla je tvořena systémy a to: muskoskeletálním, kožním, nervovým, respiračním, oběhovým, zaživacím, vyměšovacím, reprodukčním a endokrinním (Riegerová et al., 2006).

### Celotělový model – antropometrická měření

Model vychází z antropometrických měření hmotnosti, hmotnostně – výškových indexů, výšky těla, délkových, šířkových, obvodových rozměrů kožní řasy a objemu těla, ze kterého je zjišťována hustota vypovídající o depozitním tuku a aktivní tělesné hmotnosti. Celotělový model zahrnuje fyzické vlastnosti těla, velikost, tvar a celkový vzhled. Jako jediná úroveň z pětistupňového modelu odlišuje lidskou populaci od ostatních primátů na základě celkových vlastností organismu (Wang et al., 1992 Riegerová et al., 2006).



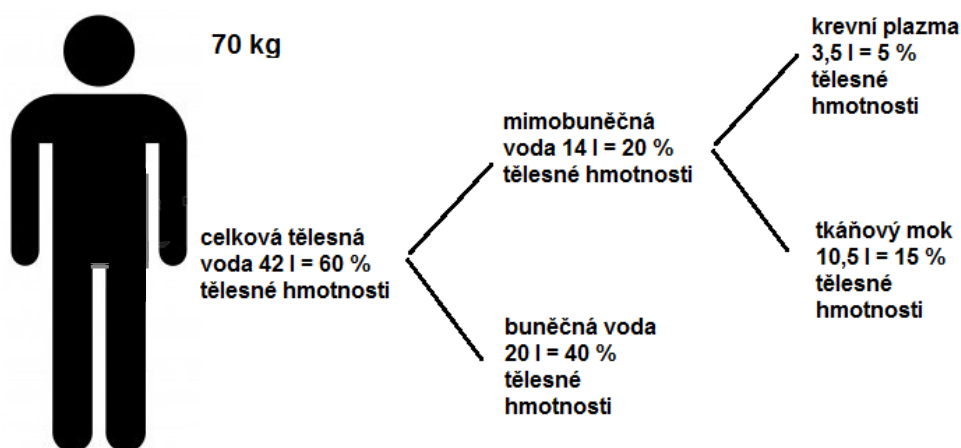
Obrázek 12. Pětistupňový model tělesného složení člověka (upraveno podle Wang et al., 1992, 20)

## 2.7 Vybrané parametry tělesného složení

### 2.7.1 Tělesná voda

Voda je hlavní součástí vnitřního prostředí organismu. Její množství v těle závisí na věku, hmotnosti a pohlaví jedince a individuálně fyziologicky kolísá podle příjmu a výdeje. Průměrné množství celkové tělní vody (CTV) u dospělého muže činí asi 60 %, u ženy 50 % tělesné hmotnosti. U dětí je podíl CTV na jejich tělesné hmotnosti vyšší, u novorozence okolo 77 % (Trojan a kol., 2003, 57)

Dále uvádí Trojan a kolektiv (2003), že v lidském organismu je voda uložena jednak v buňkách tzv. buněčná voda, která společně s rozpuštěnými koloidy a krystaloidy tvoří intracelulární tekutinu (ICT), jednak mimo buňky tzv. mimobuněčná voda, tvořící s rozpuštěnými látkami extracelulární tekutinu (ECT).



Obrázek 13. Rozdělení tělních tekutin (upraveno dle Trojan a kol., 2003)

Voda má v lidském těle nespočet funkcí a je pro život člověka esenciální. Významnou funkcí vody je, že je transportérem různých látek a živin, je důležitým rozpouštědlem (minerály, vitamíny, glukóza, aminokyseliny,...), hraje důležitou roli při procesu trávení a vstřebávání, pomáhá při regulaci tělesné teploty, nutná pro průběh metabolických reakcí apod. (Trojan a kol., 2003)

### 2.7.2 Tukuprostá hmota (FFM – fat-free mass)

FFM je heterogenní komponentou. Vzájemný poměr jejích složek (kostra, svalstvo, ostatní tkáně) je variabilní v závislosti na věku, pohybové aktivitě a

dalších exo- i endogenních faktorech. Uvádí se, že FFM tvoří z 60 % svalstvo, z 25 % opěrné a pojivové tkáně a 15 % tvoří hmotnost vnitřních orgánů (Riegerová et al., 2006, 60).

Lidské tělo je tvořeno třemi druhy svalové tkáně, jedná se o kosterní svaly (příčně pruhované), srdeční sval a hladké svalstvo (Riegerová et al., 2006).

Chemické složení tukuprosté hmoty je relativně stabilní. Obsah vody je 72 – 74% (hodnota průměrné hydratace dospělého člověka je 73,2 %). Obsah draslíku 60 – 70 mmol/kg u mužů a 50 – 60 mmol/kg u žen. Hustota tukuprosté hmoty je 1,1 g/cm<sup>3</sup> při 37 °C. (Riegerová & Ulbrichová, 1998).

### 2.7.3 Tělesný tuk

Tuk představuje nejvariabilnější komponentu hmotnosti lidského těla. Je stěžejním faktorem inter- i intra-individuální proměnlivosti tělesného složení v průběhu celého vývoje. Tato komponenta je snadno ovlivnitelná pohybovou aktivitou a výživovými aspekty, zároveň je ale významným faktorem vzniku a průběhu řady onemocnění. Pro lidský organizmus představuje riziko jak vysoké, tak i příliš nízké množství podkožního tuku. Určité množství je nutné pro zachování základních fyziologických funkcí (Riegerová et al., 2006).

Vítek (2011) uvádí několik důležitých funkcí tuku:

- je stavební kámen buněčných membrán, buňky v lidském těle obsahují značné množství tuků, mozek je z nich tvořen dokonce ze 70%,
- zásobárna energie, tuková tkáň je energeticky nejbohatší tkání, oxidací jednoho gramu sacharidu vznikne 17,22 kJ energie a při oxidaci 1 g tuku je to 39,60 kJ energie,
- transportní systém pro vitamíny rozpustné v tucích (jedná se o vitamíny A, D, E a K),
- termoregulační funkce, jednoduše řečeno, tuková tkáň nás chrání před chladem,
- mechanická ochrana, která snižuje nebezpečí mechanického poškození organismu,
- endokrinní orgán, tuk je významným zdrojem hormonů, mezi nejvýznamnější patří leptin, který má řadu významných funkcí jako je udržování energetické homeostázy apod.

Navzdory nezpochybnitelným důležitým funkcím tuku se setkáváme v populacích zejména vyspělých zemí s nadměrným množstvím podkožního tuku. Vysoké zastoupení podkožního tuku je spojeno obecně s obezitou, která vede ke zdravotním komplikacím a iniciuje vznik fyzicky a sociálně hendikepovaného jedince.

Tabulka 2. Standardy % tukové tkáně pro muže a ženy (dle Heyward & Wagner, 2004)

Standardy % tuku	Věk (v letech)			
	6 – 17	18 – 34	35 – 55	55+
<b>Muži</b>				
Zdravotní minimum tuku	< 5	< 8	< 10	< 10
Nízká hodnota (podprůměr)	5 – 10	8	10	10
Střední hodnota (průměr)	11 – 25	13	18	16
Vysoká hodnota (nadprůměr)	26 – 31	22	25	23
Obezita	> 31	> 22	> 25	> 23
<b>Ženy</b>				
Zdravotní minimum tuku	< 12	< 20	< 25	< 25
Nízká hodnota (podprůměr)	12 – 25	20	25	25
Střední hodnota (průměr)	16 – 30	28	32	30
Vysoká hodnota (nadprůměr)	31 – 36	35	38	35
Obezita	> 36	> 35	> 38	> 35

Tabulka 3. Doporučené procentuální zastoupení tukové frakce u normální populace (upraveno podle Sports fitness advisor<sup>TM</sup>: Scientifically Backed Fitness Advice for Sport & Life, n. d.)

Věk (v letech)	< 30	30 – 50	> 50
<b>Ženy</b>	14 – 21 %	15 – 23 %	16 – 25%
<b>Muži</b>	9 – 15 %	11 – 17 %	12 – 19 %

## 2.8 Metody odhadu tělesného složení

S rozvojem vědy a techniky přibývají neustále nové možnosti, jak změřit tělesné složení. Nejstarší jsou metody antropometrické, u kterých se odhaduje tělesná kompozice z vnějších rozměrů těla.

Mezi vývojově nové metody patří biofyzikální a biochemické metody, kterých je celá řada. Podle Vítka (2011) je však většina těchto metod běžné populaci finančně nedostupná a bývají využitelné pouze pro úzkou skupinu pacientů a pro vědecké účely.

Heymsfield, Nunez, Testolin a Gallagher (2000) klasifikují metody zjišťování tělesného složení na in vivo a in vitro. Ve své studii se zabývají pouze in vivo metodami. Ty mohou být dále klasifikovány podle různých kritérií, například podle měřené oblasti, podle frekvence měření, či podle toho jaká část těla je zahrnuta (regionální a celotělové měření).

Podle Riegerové et al. (2006) se dělí metody odhadu tělesného složení na dvě skupiny. První skupinou jsou metody vycházející z **antropometrie**. Druhou skupinu metod pro odhad tělesného složení jsou **biofyzikální a biochemické metody**, které se snaží eliminovat technické chyby při měření kaliperem.

### **2.8.1 Antropometrie**

Poprvé se s pojmem tělesného složení setkáváme u Matiegky (1921), jehož snahou byla kvantifikace tělesných komponent na základě zevních (antropometrických) rozměrů těla. Od dob Magietkových byla vypracována celá řada dalších postupů pro odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů (s použitím kosterních rozměrů, obvodových měr a nejčastěji z tloušťky kožních řas měřených pomocí různých typů kaliperů. U nás je nejčastěji používanou metodou pro odhad tělesného složení metoda Pařízkové (součet deseti kožních řas), stále se uplatňuje také Magietkova metoda. Odhad podílu tuku na základě tloušťky kožních řas je založen na dvou základních předpokladech:

1. tloušťka podkožní tukové tkáně je v konstantním poměru k celkovému množství tuku,
2. místa zvolená pro měření tloušťky kožních řas, reprezentují průměrnou tloušťku podkožní tukové vrstvy.

Tyto předpoklady však nebyly jednoznačně potvrzeny. Ale je známo, že distribuce tuku se mění s věkem, v závislosti na pohlaví, pohybové aktivitě a dalších faktorech. Proto je validita regresivních rovnic pro odhad tělesného složení z kožních řas omezena na populační skupinu, ze které byly rovnice odvozeny. V literatuře jsou stovky regresivních rovnic (pro děti, dospělé, seniory, etnické skupiny, obézní, anorektiky či sportovce). Dalším neduhem této metody je technika měření, typ kaliperu, místo měření atd. Vlastní měření vyžaduje pečlivý zácvik. I u zkušených antropologů může chyba měření dosáhnout až 5 % (Riegerová et al., 2006)

### **2.8.2 Biofyzikální a biochemické metody**

Těchto metod je nepřehledná řada a s rozvojem vědy a techniky neustále přibývají nové, usilující o co možná nejpřesnější výsledky. Jednotlivé metody uvedené níže nejsou kompletním výčtem, ale jedná se o nejčastěji používané metody: dle Riegerové et al. (2006)

#### **– Radiografie**

Jsou považovány za jedny z nejpřesnějších. Umožňují také proměření průřezu svalstva a kosti ve snímkaném místě. Jejich využití je však omezeno vzhledem k rentgenovému záření. Nejmodernější je CT (computer tomography) tedy počítačová tomografie.

– **Ultrazvuk**

Dochází k přeměně elektrické energie ve vysokofrekvenční ultrazvukovou energii, vysílanou v krátkých impulsech. Ultrazvukové vlny se odrážejí na hranicích tkání, které se liší svými akustickými vlastnostmi. Toto je vizualizováno na osciloskopu. Kaliperace se ovšem ukázala jako klidnější metoda.

– **Infračervená interakce (NIRI, Near infrared inetractance)**

Principem je absorpce a odraz světla s použitím vlnových délek v oblasti infračerveného světla.

– **Magnetické rezonance**

Jsou založeny na chování atomových jader jako magnetů. Přístroj vysílá silné magnetické pole, jež ovlivňuje pohyb vodíkových iontů (které jsou součástí vody a ta je všudypřítomná). Je možno využít kontrastní látky. Využití je limitováno vysokou cenou a technickými problémy, ale výsledky jsou přesné.

– **Denzitometrie**

Metoda vychází z dvousložkového modelu, který představuje složku tuku a tukuprosté hmoty. Množství těchto dvou komponent stanovíme na základě jejich odlišné denzity. Metoda vychází ze tří principů:

1. separátní denzity obou komponent jsou aditivní a jsou relativně konstantní u všech jedinců,
2. úroveň hydratace FFM (tukuprosté hmoty) je relativně konstantní,
3. poměr kostních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům je rovněž konstantní veličinou.

Rozdílná hydratace tukuprosté hmoty způsobuje vysokou proměnlivost v její denzitě. Tato skutečnost může vést k chybě pro odhad tuku kolem 2,6 %. Stejně tak i poměr minerálů a proteinů může být do určité míry variabilní a vede k chybě 2,1 %. I když je chyba denzitometrie pro stanovení podílu tuku odhadována v rozmezí 3 – 4 %, bývá tato metoda považována za „zlatý standard“ při hodnocení validity ostatních metod.

– **Hydrostatické vážení**

Objem těla je dán rozdílem hmotnosti těla „na suchu“ a pod vodou, s korekcí na densitu a teplotu vody v okamžiku vážení. Vážení pod vodou probíhá na hydrostatické váze a tělo je nadlehčováno vzduchem, nacházejícím se v dýchacích cestách a plicích. Proto se vážení provádí v maximálním exspiriu a výsledek je ještě korigován o objem reziduálního vzduchu.

– **Voluminometrie**

Tato metoda se velmi podobá hydrostatickému vážení, měřen je však skutečný objem vody vytlačené ponořeným subjektem. Také vyžaduje měření reziduálního vzduchu.

– **Hydrometrie**

Z celkové tělesné vody (total body water – TBW) se dá díky faktu, že voda není obsažena v rezervním tuku, ale tvoří relativně neměnnou frakci tukuprosté hmoty stanovit tělesné složení. Výpočet tukuprosté hmoty (FFM) z celkového objemu vody vychází z předpokladu stavu normální hydratace (73%). Množství tuku pak vypočítáme jako rozdíl hmotnosti a FFM.

– **Celková tělesná vodivost (TOBEC)**

Metoda založena na rozdílech elektrické vodivosti a dielektrických vlastností tukuprosté hmoty a tuku. Je prokázána poměrně nízká chyba odhadu touto metodou (3,7 %) nicméně jedná se o finančně velmi náročné zařízení, což limituje širší uplatnění.

– **DEXA (Dual Energy X – Ray Absorptiometry – duální rentgenová absorpciometrie)**

Jedná se o nejnovější technologii, pomocí níž získáváme komplexní složení lidského těla a jednotlivých segmentů. Pracuje na základě čtyřkomponentového modelu a rozlišuje tedy kostní minerály, proteiny, tuk a vodu. Nevýhodou je vysoká cena a expozice určitému množství rentgenového záření (Riegerová et al., 2006).

Tato metoda je ze všech metod měření tělesného složení nejpřesnější a používá se jako srovnávací. Zkoumaná osoba se položí a po dobu 20–30 min je celé tělo po částech podrobně rentgenováno. Velmi přesná a reprodukovatelná metoda, vyžadující velmi nákladné zařízení, používaná opět spíše pro výzkumné účely. Metoda se také používá při zkoumání osteoporózy (Biospace, 2009).

## – **Další používané biofyzikální a biochemické metody**

Mezi ostatní metody patří: izotopy vodíku, celkový tělesný draslík, neutronová aktivační analýza, celkový tělesný vápník, celkový tělesný dusík, kreatininurie, celkový plasmatický kreatinin, vylučování 3-methylhistidinu, atd.

## **2.9 Bioelektrická impedanční analýza (BIA)**

Bioelektrická impedanční analýza patří mezi metody biofyzikální a biochemické. Jedná se o jednu ze světově nejrozšířenějších metod vzhledem k benefitům, které poskytuje.

### **2.9.1 Historie**

Elektrické vlastnosti tkání byly popisovány již od roku 1871. Například Thomasset na začátku 70. let 20. století prováděl studie, kdy používal elektrický odpor jako ukazatel celkové vody v těle. K měření používal dvě jehly, které byly zapíchnuty pod kůži. Až později byla představena technika měření pomocí čtyř elektrod přikládáných na povrch těla.

Sedmdesátá léta dvacátého století položila základy bioelektrické impedanci a to na základě teorií potvrzujících, že existuje vztah mezi odporem a obsahem tělesné vody. Nejdříve byla představena monofrekvenční technologie bioelektrické impedance, která ale nedosahovala přesných výsledků při měření a to hlavně lidem, kteří se odchylovali od průměru (sportovci, obézní lidé, atd.). V devadesátých letech už se na trhu objevuje několik multifrekvenčních analyzátorů tělesného složení.

Použití BIA se od té doby stalo poměrně frekventovaným vzhledem k tomu, že přístroje jsou snadno přenosné, bezpečné. Samotné měření je jednoduché a neinvazivní (znamená, že nebude žádným způsobem narušena integrita lidského těla, tedy že nedojde k žádným vpichům či řezům do tkáně a ani jiným chirurgickým implementacím měřících komponent a zařízení). Výsledky jsou reprodukovatelné a rychle získané. Obsluha měřících přístrojů je snadná a nemá vysoké požadavky na kvalifikaci pracovníka, stačí jednoduché zaškolení. Díky těmto a dalším výhodám se stala metoda bioelektrické impedance oblíbenou a populární v mnohých nemocnicích, lázeňských zařízeních, wellness a sportovních pracovištích a na dalších místech.

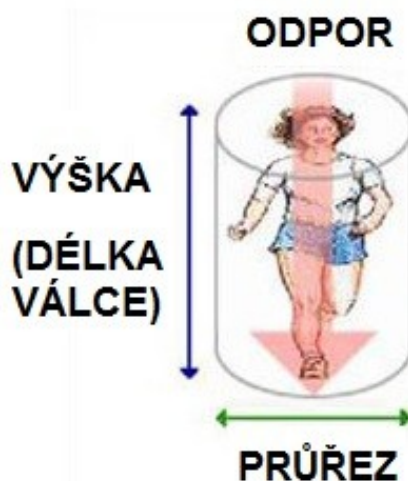
Později byla ještě vyvinuta segmentální BIA, která odstranila chyby vzniklé na základě nesrovnalostí mezi odporem a nepravidelným tvarem lidského těla (Kyle et al., 2004).

### **2.9.1 Princip a charakteristika bioelektrické impedanční analýzy**

Principem BIA je průchod elektrického proudu nízké intenzity biologickými strukturami člověka. Zjednodušeně si můžeme lidské tělo představit jako válec (viz obrázek



7) o určité výšce a průřezu. Odpor (R) je závislý na délce válce (výšce člověka), na materiálu z něhož je válec složen (biologické struktury lidského těla) a na jeho průřezu.



Obrázek 14. Schéma průchodu elektrického proudu lidským tělem (upraveno dle <http://www.nutrim.cz/sluzby/analyzator-x-contact-350/>)

Lidské tělo samozřejmě nemá tvar válce a ani vodivost není konstantní. Ale existuje empirický vztah mezi impedančním kvocientem ( $délka^2/R$ ) a objemem vody, která obsahuje elektrolyty, jež vedou elektrický proud tělem. Prakticky je jednodušší změřit výšku než vodivou délku, která je zpravidla vzdáleností mezi zápěstím a kotníkem, proto empirický vztah je mezi tukuprostou hmotou a poměrem druhé mocniny výšky a odporem ( $výška^2/R$ ). Vzhledem k faktu, že lidské tělo nemá tvar pravidelného válce, musí se vztah  $výška^2/R$  přepočítat pomocí vhodného koeficientu na geometrické tvary lidského těla. Tento koeficient je závislý na různých faktorech, například na anatomii zkoumaného segmentu (tato nepřesnost měření je odstraněna použitím segmentální analýzy, která bude blíže popsána v kapitole „analyzátor tělesného složení InBody 720“). Dále musíme brát v úvahu různou impedanci tkání v těle, protože končetiny, kde je soustředěno především kosterní svalstvo a tuk, mají odlišné vlastnosti od trupu, ve kterém jsou vedle svalů a tuku uloženy ještě orgány (opět lze tuto nepřesnost odstranit použitím multifrekvenčních a segmentálních analyzátorů). V neposlední řadě musíme zohlednit, že impedance je zde brána jako komplexní číslo, ale skládá se dvou složek a to rezistence a reaktance. Lidské tělo poskytuje dva typy odporu a to odpor, který vzniká v buněčných membránách (reaktance) a odpor extra a intracelulárních tekutin (rezistence). Proud o nízké frekvenci nedokáže proniknout přes buněčnou membránu a prochází pouze přes extracelulární tekutinu, ale při vysokých hodnotách frekvence prochází proud

buněčnou membránou. A proto je celková impedance lidského těla měřena v kombinaci intracelulární i extracelulární tekutiny (Kyle et al., 2004).

Jansen, Korbijn a Deurenberg (1992) uvádí, že tukuprostá hmota má relativně konstantní vlastnosti (hustota 1,1 g/cm<sup>3</sup> a obsah vody 72-74% při teplotě 37 °C), které jsou odlišné od vlastností tuku (ten neobsahuje vodu a jeho hustota je 0,9 g/cm<sup>3</sup>).

Na základě těchto vlastností je založen princip BIA. Tukuprostá hmota obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů vede proud dobře, naproti tomu tuk má zde vlastnosti jako izolátor (Lukaski, 1987). Proud se zde setkává s odporem, tento odpor tukových tkání vůči průchodu proudu se nazývá „bioelektrická impedance“ a je přesně měřen přístrojem na měření tělesného tuku. Z naměřené hodnoty impedance, poměru výšky, hmotnosti a dalších korekcí přístroj na měření tělesného tuku vypočítá procento tělesného tuku a další hodnoty.

Základní proměnnou, kterou BIA měří, je celková voda (TBW). Tukuprostá hmota (FFM je dána rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku) je určována na základě následující rovnice:

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

Hodnota 0,732 (73.2 %) představuje průměrnou hodnotu hydrataci tukuprosté hmoty u dospělých. U dětí nacházíme vyšší hydrataci tukuprosté hmoty. Podíl objemu extracelulární vody (ECW) na celkové tělesné vodě s věkem klesá, intracelulární voda (ICW) naopak nabývá na objemu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 38).

Největší slabinou bioimpedačních metod je v regresivních rovnicích vedle válcového modelu těla a nepřesností v umístění elektrod předpoklad homogenity lidského těla (Riegerová et al., 2006). Roche et al. (1996) uvádí, že reálně změřená hodnota hydratace tukuprosté hmoty je 61–82%. Proto je nutné pro každou skupinu měřených jedinců stanovit odpovídající predikční rovnice. V případě zvolení neadekvátních predikčních rovnic může být výsledek měření velmi zkreslený.

Riegerová et al. (2006) podotýkají, že analýza tělesného složení na základě BIA představuje analýzu hmotnosti ve smyslu: tukové složky, aktivní tělesné hmoty, obsahu celkové vody, intracelulární a extracelulární tekutiny, stupně bazálního metabolismu. Tato metoda je velmi citlivá na stav hydratace organismu (proto například u žen, dochází k zkreslení výsledků, když jdou na měření v období menstruace, kdy dochází k zvýšené retenci vody v ženském těle, anebo může být výsledek zkreslen také při používání některých doplňků stravy jako je kreatin, který taktéž zvyšuje zadržování vody v lidském těle) dále

závisí na termoregulaci a povrchové teplotě kůže. Stav hydratace může způsobit chybu měření 2–4 %. Hodnoty tělesného složení získané metodou BIA jsou ovlivněny také množstvím svalového glykogenu, vliv hraje předchozí tělesná zátěž zejména anaerobního charakteru. Proto je nutné, aby docházelo ke kontrole stavu hydratace a také zjištění časového odstupu od poslední tělesné zátěže, jinak mohou být výsledky nepřesné. Při měření bychom se měli vyvarovat pacientkám v raných stádiích těhotenství, pacientům s pace markerem, ženám v době premenstruace a menstruace, podobně jako pacientům užívajícím léky ovlivňující vodní režim organismu a osobám s implantáty (kardiostimulátor, kyčelní protéza).

## 2.9.2 Metody BIA

**Jednofrekvenční** (monofrekvenční) **BIA** je analýzou, která je měřená proudem pouze o jedné frekvenci (nejčastěji se jedná o hodnotu 50 kHz). Právě frekvence kolem 50 kHz má nejvyšší reaktanci a lze s ní proto nejsnáze zjišťovat tělesné charakteristiky, a také proto, že z technického hlediska je nejsnáze použitelná. Frekvence 50 kHz však není schopna prostupovat buněčnou membránou, šíří se pouze mimo buněčnou tekutinu, proto není možné přesně měřit vnitrobuněčnou tekutinu (Kyle et al., 2004). Výsledky jsou založeny na empiricky získaných rovnicích, které byly získány ze vzorku pacientů zdravé populace. Nevýhodou jednofrekvenční metody je nepřesnost výsledku v případě výraznější změny hydratace, odchylující se od normy. Proto výsledky u lidí vymykajících se průměru (např. obézní jedinci, vrcholový sportovci, apod.) jsou diskutabilní (Kyle et al., 2004).

**Multifrekvenční BIA.** Koncem 80. let vznikly tendence používat více frekvencí a bylo zjištěno, že frekvence nad 200 kHz dokáže prostoupit i buněčnou membránou. Jelikož multifrekvenční analyzátoři (InBody 720) pracují s 6 frekvencemi, 1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz, dokáží přesně změřit jak vnitrobuněčnou, tak mimo buněčnou tekutinu (Kyle et al., 2004). Olde-Rikkert et al. (1997) popisují, že metoda multifrekvenční BIA je schopna zaznamenat změny v distribuci či pohybu tekutin mezi vnitrobuněčným a mezibuněčným prostorem zejména u starších pacientů.

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Hlavním cílem je analyzovat a porovnat s normativními daty vybrané somatické parametry u chlapců mladšího školního věku v jednotlivých věkových kategoriích.

### **3.2 Dílčí cíle**

- Posouzení změn tělesné výšky, hmotnosti a BMI v jednotlivých věkových kategoriích
- Srovnání průměrných hodnot tělesné výšky, hmotnosti a BMI u chlapců mladšího školního věku s referenčními hodnotami
- Porovnání průměrných hodnot tělesného tuku u chlapců mladšího školního věku vzhledem k jednotlivým věkovým kategoriím a referenčním hodnotám

## **4 METODIKA**

### **4.1 Charakteristika souboru a měření**

Jedná se o 125 chlapců v mladším školním věku, kteří byli rozděleni do jednoletých věkových kategorií. Chlapci ve věku 8,00 – 8,99 let spadají do kategorie 8 letých (n = 52), ve věku 9,00 – 9,99 do kategorie 9 letých (n = 37) a chlapci ve věku 10,00 – 10,99 do kategorie 10 letých (n = 36).

Měření proběhlo v roce 2014 na vybraných základních školách v Olomouci za souhlasu rodičů a bylo schváleno etickou komisí Fakulty tělesné kultury UP v Olomouci.

### **4.2 Analyzátor tělesného složení InBody 720**

Přístroj InBody 720 je jedním z nejlepších a nejpřesnějších analyzátorů tělesného složení, který funguje na principu DSM–BIA (direct segmental multi-frequency bioelectrical impedance analysis), tedy přímo rozdělující více frekvenční bioelektrická impedance. Analyzátor vyrábí Korejská společnost Biospace, která byla založena roku 1996. Již v roce 1999 dosáhla tato společnost obrovských úspěchů v USA. Postupem času získala celou řadu ocenění (například v roce 2005 první cena na veletrhu expo na Kubě) a certifikátů. Své přístroje vyváží „do celého světa“ a spolupracuje se zdravotnickými zařízeními a společnostmi na vývoji dalších, ještě přesnějších analyzátorů



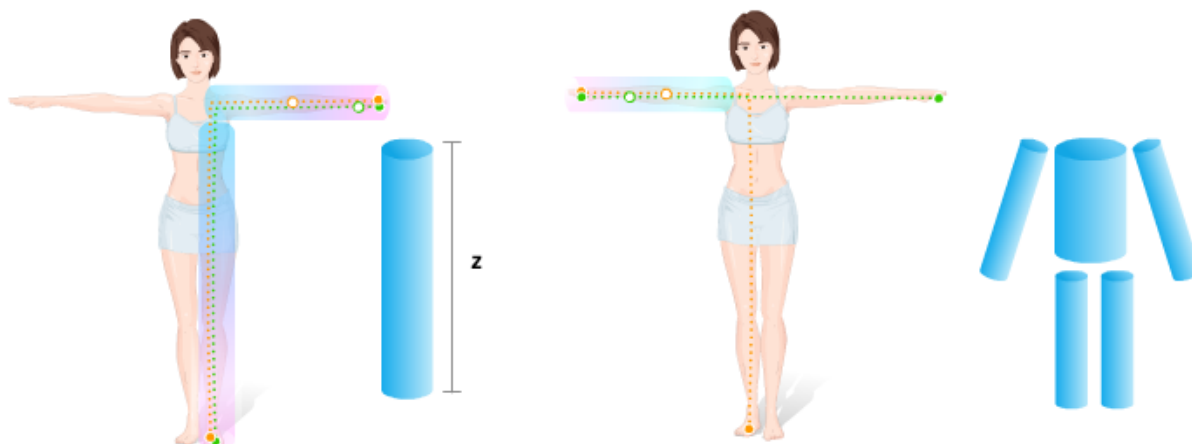
Obrázek 15. Analyzátor tělesného složení InBody 720 od společnosti Biospace (upraveno dle <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>)

#### 4.2.1 Přímo rozdělující více frekvenční bioelektrická impedance

Společnost Biospace se snaží neustále zdokonalovat svoje produkty, výjimkou nejsou ani analyzátoři tělesného složení. Přístroj InBody 720 pracuje na principu přímo rozdělující více frekvenční bioelektrické impedance. Tato technologie eliminuje některé nepřesnosti, ke kterým dochází při analýze tělesného složení pomocí metody BIA.

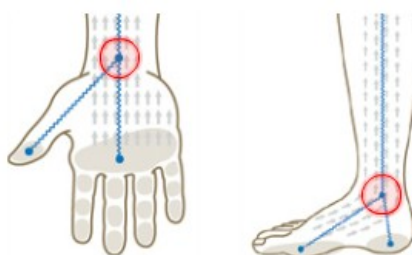
Starší technologie měřili lidské tělo jako jeden válec, taková analýza není zcela přesná, protože končetiny mají odlišné složení a vlastnosti (obsahují kosti, kosterní svalstvo a podkožní tuk) než trup, který tvoří polovinu těla. Jsou v něm uloženy orgány a je metabolicky velmi aktivní (probíhá zde, trávení, dýchání, zvýšená cirkulace tělesných šťáv...). Tento nedostatek přístroj InBody 720 eliminuje tím, že lidské tělo rozdělí do pěti samostatných segmentů a to na trup, dvě nohy a dvě ruce (proto **přímo rozdělující segmentální BIA**) a vypočítává impedanci každého z nich zvlášť. Proto dokáže InBody 720 změřit přesně tělesné složení i jedincům, kteří se vymykají normě (děti, staří lidé, sportovci, extrémně obézní lidé) a

původní BIA musela výsledek doplnit o empirický odhad, který značně zkresloval konečné údaje (Biospace, 2009).

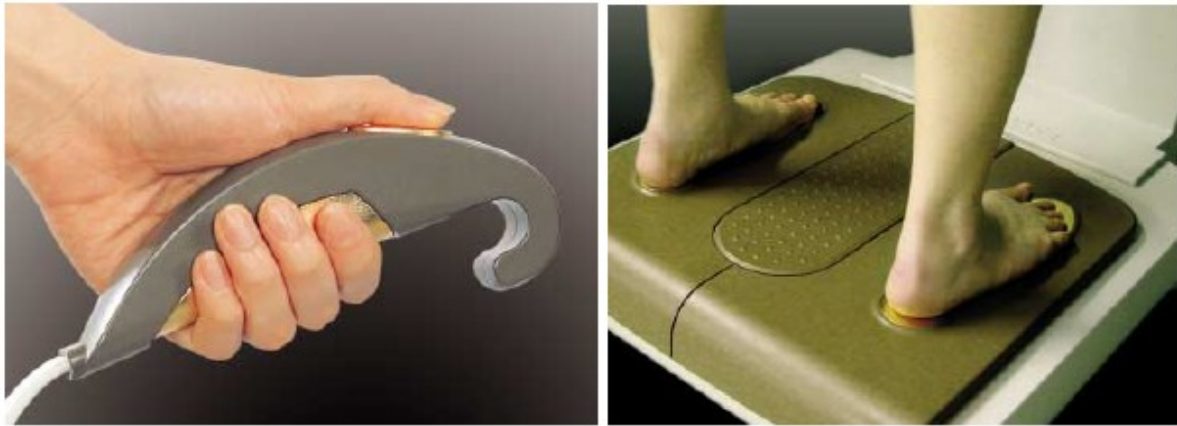


Obrázek 16. Rozdíl mezi původní technologií BIA (vlevo), která analyzuje tělo jako jeden válec a DSM–BIA technologií (vpravo), rozdělující tělo na 5 jednotlivých segmentů (upraveno dle <http://www.biospace.cz/srovnani-pristroju.php>)

Druhou výhodou je, že InBody používá **8 dotykových elektrod**, jimiž je do těla vpouštěn proud o různém napětí a proudění, díky čemuž získáváme 5 různých impedancí pro trup a zvlášť pro každou končetinu. Touto exklusivní hloubkovou analýzou InBody lze dosáhnout přesného stanovení celkového tělesného složení, protože měrné body jsou stále stejné, což zaručuje opakovatelnost naměřených výsledků a eliminuje se chyba obsluhy u metod, kdy jsou přilepovány elektrody na zápěstí a kotník (Biospace, 2009).

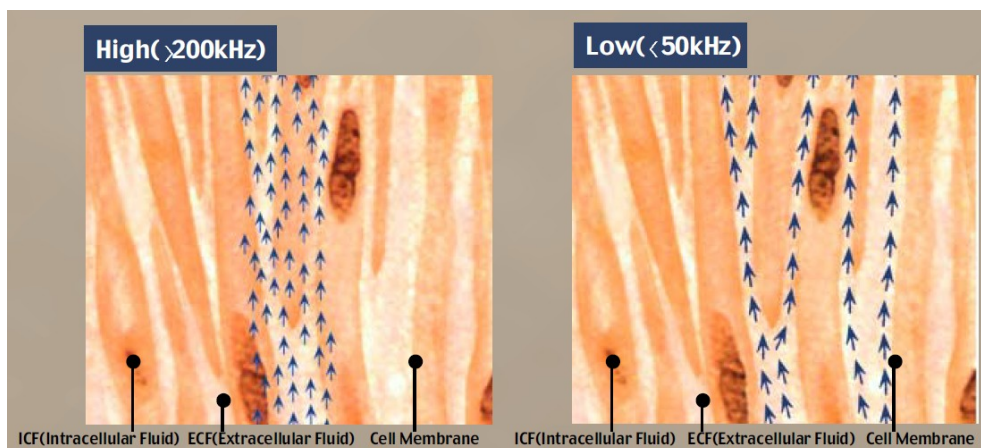


Obrázek 17. Zobrazující 8 bodový dotykový systém, kdy měrné body jsou vždy stejné a tím dochází k opakovatelnosti přesného měření (upraveno dle <http://www.inbody.cz/uvod.php>)



Obrázek 18. Umístění elektrod u přístroje Inbody 720 (upraveno dle <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>)

Dalším benefitem je **multifrekvenční analýza**, kterou přístroj Inbody 720 také disponuje. Je popsána v předchozí kapitole. Princem je, že přístroj vysílá několik různých frekvencí (na rozdíl od původní jednofrekvenční BIA, která pracovala na jediné frekvenci, nejčastěji 50 kHz). Díky tomu je možné přesné měření intracelulární a extracelulární tekutiny (Biospace, 2009).



Obrázek 19. Průchod proudu tkání (upraveno dle: <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>).

Obrázek zachycuje rozdíl v průchodu proudu o nízké frekvenci 50 kHz, kdy proud prochází jen extracelulární tekutinou, buňky „obtéká“ protože neprojde přes buněčnou membránu (vpravo) a vysoké frekvenci nad 200 kHz (vlevo), kdy proud prochází i buňkami (upraveno dle: <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>)



#### 4.2.2 Zásady zaručující přesné měření na přístroji InBody 720

Přesnost testu je závislá na vyšetřované osobě a na prostředí, ve kterém je test prováděn. Pro nejpřesnější výsledek je nutné dodržet určitá pravidla a zásady. Zde jsou hlavní bezpečnostní kroky, které je nutno provést před samotným testem:

- test se provádí před jídlem, pokud testovaná osoba jedla, je nutné, aby byl časový odstup od posledního jídla minimálně 2 hodiny;
- testujeme po návštěvě toalety, i když moč a stolice nejsou započteny do složení těla, jejich objem je zahrnut do měření hmotnosti;
- před provedením testu (24 až 48 hodin) by se měl člověk vyvarovat namáhavé fyzické aktivitě a cvičení, protože vlivem fyzické námahy může dojít k dočasným změnám tělesného složení;
- před samotným testem by měl měřený proband 5 minut v klidu stát, lež, či sed před měřením může opět mírně ovlivnit výsledek testu, vlivem jiné distribuce tělesné vody,
- neprovádět test těsně po sprchování nebo po sauně, pocení způsobuje dočasné změny ve složení těla měřené osoby;
- v období premenstruace a menstruačního cyklu u žen zadržuje ženské tělo více vody a výsledek může být zkreslen;
- test se provádí při pokojové teplotě (ideální je rozmezí 20–25°C) ;
- při opakovaném měření se snažíme dodržet identické podmínky, jako u předchozích testů (stejně místo, před cvičením, stejný oděv, teplota, čas testu apod.), aby byla dodržena přesnost a objektivita výsledků;
- testovaná osoba by neměla před testem (cca 48 hodin) konzumovat alkoholické nápoje, protože narušují vodní režim;
- testovaná osoba, musí zaujmout správnou pozici při testování (obrázek 20), která má také vliv na výsledek, dále musí správně uchopit rukojeti přístroje (obrázek 18) a zároveň musí být test prováděn na boso, aby byla chodila v přímém kontaktu s měřicími podložkami (obrázek 18), dodržením těchto zásad zvyšujeme přesnost výsledku testu (InBody, 2009).



Obrázek 20. Ilustrující správné držení těla pro dosažení přesného výsledku měření (upraveno dle <http://www.inbody.cz/pro-presne-mereni-na-inbody.php>)

#### 4.2.3 Získané parametry při analýze pomocí InBody 720

Základní parametry získané přímo měřením jsou:

- impedance v jednotlivých tělesných částech stanovené každou frekvencí zvlášť;
- celková tělesná voda (TBW), vnitrobuněčná voda (ICW), mimobuněčná voda (ECW), celková tělesná hmotnost;
- následně je dopočítávána tukuprostá hmotnost (FFM), tuková hmotnost (FM) a kostní svalová hmotnost (SMM).

Mezi další parametry získané pomocí analyzátoru InBody 720, které jsou odvozené od základních patří:

- proteiny, kostní/nekostní minerály;
- BMI, procentuální podíl tělesného tuku, poměr pasu k bokům (WHR);
- svalová hmota v jednotlivých tělesných částech, procento svaloviny v jednotlivých tělesných částech;
- edém, edém v jednotlivých tělesných částech;
- oblast tělesného tuku (růstový graf pro jedince pod 18 let);
- nutriční diagnóza (proteiny, minerály, tuk, edém);
- tělesná vyváženost, tělesná síla, zdravotní diagnóza;
- cílová hmotnost, kontrola váhy, tuková kontrola, svalová kontrola, stav tělesné zdatnosti, stupeň obezity, BCM, BMC, BMR, AC, AMC;
- historie tělesného složení, uložení výsledků posledních desíti testů (podle <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>).

V příloze 1. je ukázka protokolu z analýzy pomocí přístroje InBody 720. Protokol obsahuje tyto parametry:

1. osobní údaje,
2. analýza tělesného složení,
3. analýza svalstva – tuku,
4. diagnóza obezity,
5. svalová rovnováha,
6. segmentální otok,
7. otok – EDEMA,
8. oblast viscerálního tuku,
9. všeobecné hodnoty,
10. předchozí analýzy složení těla,
11. další údaje,
12. kontrola váhy,
13. zhodnocení fyzické kondice.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### Výsledky měření chlapců mladšího školního věku na základních školách v Olomouci

Následující tabulky prezentují popisné charakteristiky vybraných somatických parametrů (tělesná výška, hmotnost, Body Mass Index, podíl tukové tkáně na celkové hmotnosti, tukuprostá hmota, celková tělesná voda – TBW) u sledovaných souborů 125 chlapců ve věku 8 – 10 let z olomouckých základních škol. Všechny tabulky uvádějí počet probandů v dané věkové skupině (N), průměrnou hodnotu (M), směrodatnou odchylku (SD), minimální hodnotu (MIN) a maximální hodnotu (MAX).

Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky vybraných somatických parametrů

	8 let				9 let				10 let			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
<b>Výška (cm)</b>	134,4	5,1	123,6	149,0	139,8	4,9	125,6	155,0	144,6	7,6	125,6	164,4
<b>Hmotnost (kg)</b>	30,8	5,8	23,1	50,9	34,6	6,2	24,7	56,2	38,0	9,9	26,7	64,5
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,0	2,4	13,8	26,2	17,7	2,5	14,1	25,7	18,0	3,4	14,1	27,9

Tabulka 5. Základní statistické charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení

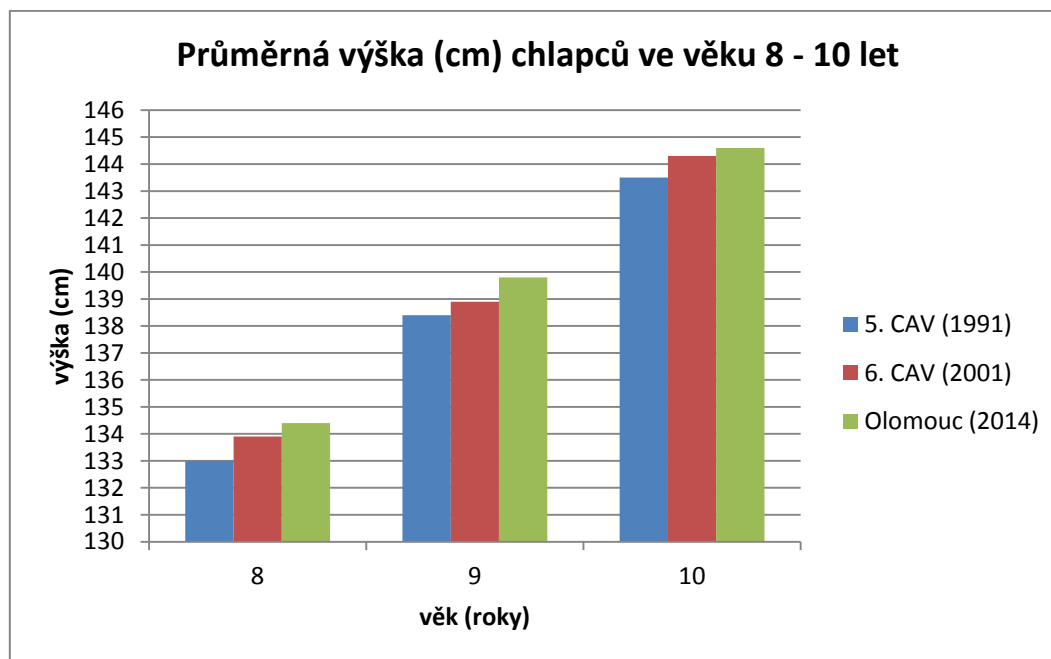
	8 let				9 let				10 let			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
<b>BFM (%)</b>	15,5	7,9	5,9	41,2	18,3	8,0	6,0	40,9	17,2	8,2	5,0	39,7
<b>BFM (kg)</b>	5,1	2,9	1,6	21,0	6,7	4,1	1,7	23,0	7,2	5,6	1,7	25,2
<b>FFM (kg)</b>	25,7	2,8	20,7	36,1	28,0	3,6	20,6	35,0	30,8	5,4	21,8	46,1
<b>TBW (kg)</b>	18,9	2,1	15,2	26,5	20,6	2,7	15,2	25,7	22,7	4,0	16,0	34,0

*Vysvětlivky:* **BFM** (Body Fat Mass) – tělesný tuk (kg; %), **FFM** (Fat Free Mass) – tukuprostá hmota (kg), **TBW** (Total Body Water) – celková tělesná voda (kg)

Množství tukuprosté hmoty (FFM, kg) narůstá v průměru o 2,5 kg na rok. Tento zvyšující se trend si zachovává i celková tělesná voda (TBW, kg), která se zvýšila v devítileté věkové kategorii o 1,7 kg a o 2,1 kg u desetiletých. Podíl tukové tkáně na celkové hmotnosti (BFM, %) se zvýšil v devítileté kategorii o 2,8 %. V desetileté kategorii došlo k poklesu o 1,1 % oproti devítiletým. U tukové složky jsme zaznamenali meziroční nárůst o 1,6 kg v devítileté a o 0,5 kg v desetileté kategorii.

## Srovnání průměrných hodnot tělesné výšky u chlapců mladšího školního věku

Pro srovnání jsme použili data z posledních dvou celostátních antropologických výzkumů, které proběhly v letech 1991, respektive 2001.



Obrázek 21. Srovnání průměrné výšky chlapců ve věku 8 – 10 let (upraveno dle Bláha et al., 2001; Vignerová et al., 2006)

Na obrázku 21 vidíme srovnání průměrné výšky olomouckých chlapců s hodnotami průměrné výšky chlapců naměřených při celostátním antropologickém výzkumu z roku 1991 respektive 2001.

V kategorii osmiletých je průměrná výška 134,4 cm což je o 1,4 cm více než průměrná výška z roku 1991 (133 cm) a o 0,5 cm více než průměrná výška chlapců z roku 2001, která činila 133,9 cm. Pro lepší názornost jsme naměřené hodnoty zanesli do percentilových růstových grafů dětské populace (Příloha 2). Jedná se o percentilové grafy sestavené na základě výsledků 6. Celostátního antropologického výzkumu v roce 2001. Je zřetelné, že zaznačené hodnoty se nacházejí téměř na linii 50. percentilu, což znamená, že průměrná výška olomouckých chlapců v osmileté věkové kategorii nikterak nevybočuje z norem.

Průměrná výška olomouckých chlapců v devítileté věkové kategorii je 139,8 cm což je o 5,4 cm více než u chlapců v osmileté kategorii. Opět je tato hodnota vyšší než průměrné hodnoty z celostátních antropologických výzkumů a to konkrétně o 1,4 cm oproti 5.

Celostátnímu antropologickému výzkumu (1991) a o 0,9 cm ve srovnání s 6. celostátním antropologickým výzkumem (2001). Pro názorné srovnání jsme opět zanesli hodnoty do percentilového růstového grafu (Příloha 2).

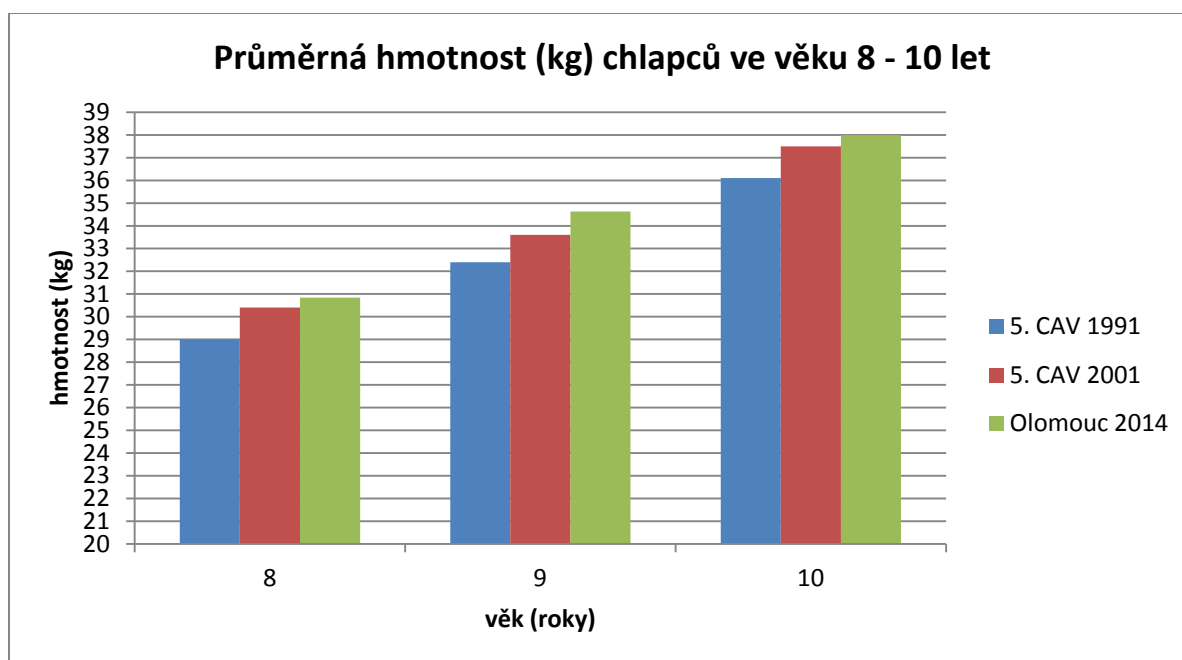
V kategorii desetiletých chlapců je situace obdobná, průměrná výška vzrostla oproti devítiletým o 4,8 cm a její hodnota je 144,6 cm a podobně jako v předchozích případech je tato hodnota vyšší než průměrné hodnoty z celostátních antropologických výzkumů a to o 1,1 cm (1991) respektive o 0,3 cm (2001). Porovnáním s referenčními hodnotami v percentilovém grafu (Příloha 2) zjistíme opět, že průměrná výška olomouckých chlapců v desetileté věkové kategorii se nachází téměř uprostřed pásma 25. až 75. percentilu.

Porovnáním námi naměřených hodnot s hodnotami z celostátních antropologických výzkumů potvrzujeme tvrzení Vignerové et al. (2006), která ve své publikaci popisuje, že dochází k tzv. sekulárním tedy dlouhodobým změnám sledovaných parametrů. Většinou se jedná o pozitivní trend, tj. dochází ke zvyšování hodnot měřených znaků. Parametrem, na kterém lze nejlépe vidět tato dlouhodobá změna, je právě tělesná výška. Postupné zvyšování jejich průměrných hodnot můžeme pozorovat v mnoha zemích a to nejen u dospělé populace, ale ve všech věkových kategoriích dětí.

Sekulární změny, ať už v pozitivním či negativním smyslu, jsou výsledkem vzájemného vztahu genetické výbavy jedince a faktorů vnějšího prostředí. Toto vzájemné působení se projevuje jednak v daném okamžiku jako vliv rozdílných životních podmínek v různých sociálních skupinách, jednak dlouhodobě vlivem postupných změn životních podmínek různých populací. Mezi faktory, které nejvíce ovlivňují tělesnou výšku jedince, se řadí úroveň výživy, zdravotní stav, psychosociální faktory a sociálně-ekonomické podmínky, ve kterých dítě vyrůstá (Vignerová et al., 2006, 24).

### **Srovnání průměrných hodnot tělesné hmotnosti u chlapců mladšího školního věku**

Na obrázku 22 je srovnání průměrné hmotnosti. Zde je vidět souvislost s pozitivním trendem sekulární změny tělesné výšky. Zákonitě s rostoucí průměrnou výškou roste i průměrná tělesná hmotnost.



Obrázek 22. Srovnání průměrné hmotnosti chlapců ve věku 8 – 10 let (upraveno dle Bláha et al., 2001; Vignerová et al., 2006)

Průměrná hodnota tělesné hmotnosti v kategorii osmiletých je 30,8 kg, v kategorii devítiletých je 34,6 kg a v desítileté věkové kategorii se jedná o 38,0 kg.

Rozdíl průměrné tělesné hmotnosti mezi věkovými kategoriemi osmiletých a devítiletých činí 3,8 kg. Při porovnání průměrné hmotnosti olomouckých osmiletých chlapců s hodnotami průměrné hmotnosti z celostátních antropologických výzkumů zjistíme, že průměrná hmotnost dětí z Olomouce je o 1,8 kg (1991), respektive o 0,4 kg (2001) vyšší. Opět jsme zaznamenali průměrné hodnoty tělesné hmotnosti do percentilových grafů (Příloha 3). Průměrná hodnota tělesné hmotnosti osmiletých chlapců se sice nachází v pásmu mezi 25. a 75. percentilem, což je pásmo ohraničující průměr, ale přibližuje se právě horní hranici tohoto pásma.

Rozdíl průměrné tělesné hmotnosti mezi věkovými kategoriemi devítiletých a desítiletých je 3,4 kg. V porovnání průměrných hodnot devítiletých s referenčními hodnotami z let 1991 a 2001 jsou hodnoty měření olomouckých dětí (2014) opět vyšší a to o 2,2 kg, respektive o 1 kg. V Příloze 3 můžeme vidět stejně jako v předchozím případě, že námi měřené hodnoty se přibližují hranici 75. percentilu, nicméně stále se nacházejí v pásmu průměru.

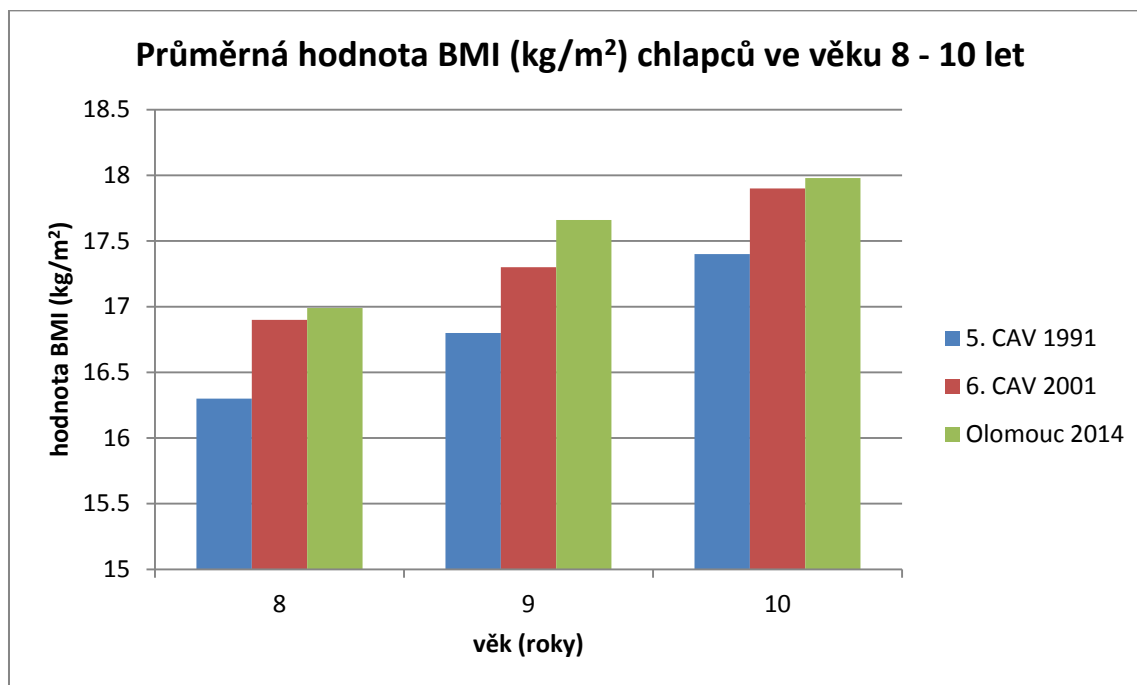
Průměrná tělesná hmotnost v kategorii desítiletých je 38 kg což je o 1,9 kg více než průměrná hodnota naměřená při 5. Celostátním antropologickém výzkumu (1991) a o 0,5 kg

více než průměrná hodnota z roku 2001. Stejně jako v předchozích případech se nachází průměrná hodnota těsně pod hranicí 75. percentilu v referenčním růstovém grafu (Příloha 3).

### Srovnání průměrných hodnot BMI u chlapců mladšího školního věku

Svačina (2001) ve své publikaci doporučuje srovnání s růstovými (percentilovými) grafy, kde není směrodatná přesná hodnota BMI, ale zařazení do grafu. Když se daný jedinec nachází v percentilovém pásmu vyšším než 90. percentil, pak je zde riziko nadváhy do budoucnosti.

Obrázek 23 srovnává hodnoty BMI opět celostátních antropologických výzkumů z let 1991 a 2001 s naměřenými hodnotami z našeho výzkumu.



Obrázek 23. Srovnání průměrných hodnot BMI chlapců ve věku 8–10 let (upraveno dle Bláha et al., 2001; Vignerová et al., 2006)

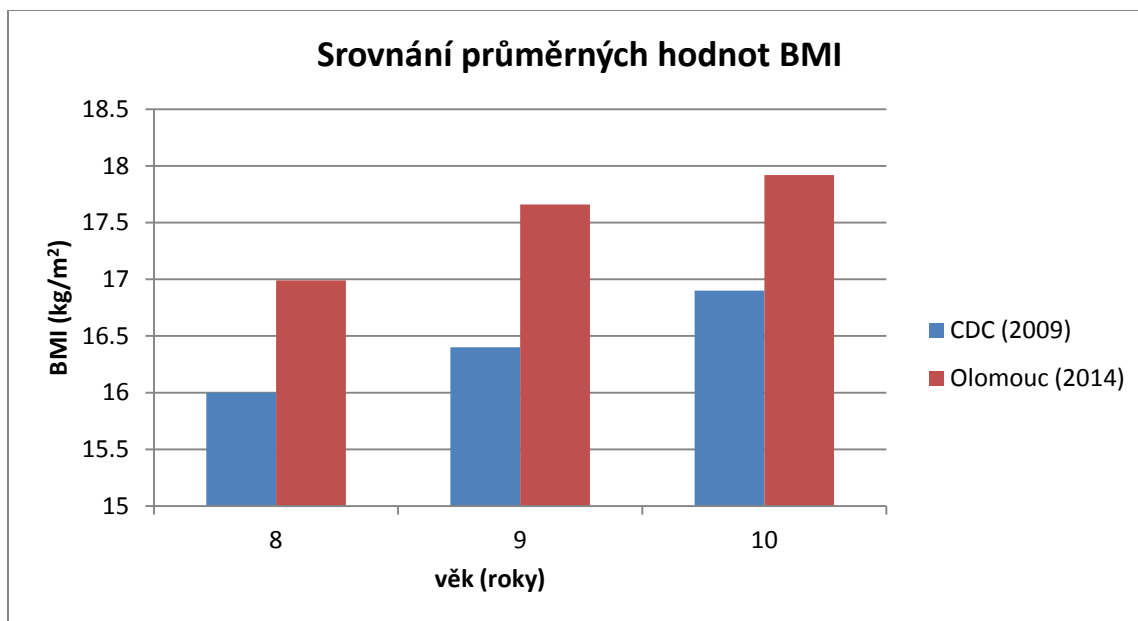
Průměrná hodnota BMI ve věkové kategorii osmiletých je 17,0 kg/m<sup>2</sup>. Při porovnání s průměrnými hodnotami z antropologických výzkumů je námi naměřená hodnota olomouckých chlapců o 0,7 kg/m<sup>2</sup> vyšší než hodnota z 5. celostátního antropologického výzkumu (1991) a o 0,1 kg/m<sup>2</sup> vyšší než průměrná hodnota z 6. celostátního antropologického výzkumu (2001). Pro srovnání jsme opět zanesli hodnoty našeho měření do referenčního percentilového grafu (Příloha 4). Průměrná hodnota se nachází v pásmu 25. až 75. percentilu, tedy spadá do průměru, nicméně je blíže horní hranici stejně jako v případě tělesné hmotnosti.



Rozdíl průměrné hodnoty BMI mezi osmiletou a devítiletou kategorií je  $0,7 \text{ kg/m}^2$ , došlo tedy k nárůstu průměrné hodnoty na  $17,7 \text{ kg/m}^2$  v kategorii devítiletých chlapců. Ve srovnání s hodnotami z roku 1991 a 2001 je námi naměřená hodnota opět vyšší a to o  $0,9 \text{ kg/m}^2$ , respektive  $0,4 \text{ kg/m}^2$ . Průměrná hodnota pro devítiletou kategorii vyznačená v referenčním percentilovém grafu (Příloha 4), se nachází téměř na hranici 75. percentilu tzn. je na pomezí hodnot průměrných a nadprůměrných.

Rozdíl průměrné hodnoty BMI mezi kategoriemi osmiletých a devítiletých činí  $0,3 \text{ kg/m}^2$ . Opět hodnota vzrostla oproti předchozí kategorii. Porovnáním s hodnotami z let 1991 a 2001 zjistíme, že hodnoty olomouckých chlapců jsou opět vyšší a to o  $0,6 \text{ kg/m}^2$ , respektive  $0,1 \text{ kg/m}^2$ . V referenčním percentilovém grafu (Příloha 4) je průměrná hodnota v průměrném pásmu tj. v pásmu mezi 25. a 75. percentilem, ale stejně jako v předchozích případech je situována blíže k vyšší hranici průměrného pásma.

Porovnali jsme naše hodnoty s referenčními hodnotami americké organizace, která má název Centre for Disease Control (dále jen CDC). Tato organizace vydává tabulky doporučených hodnot zejména výšky, hmotnosti, BMI a samozřejmě také mnoha dalších hodnot. Z tabulek CDC plyne, že průměrná hodnota BMI pro děti ve věku 8 let je  $16 \text{ kg/m}^2$ . V našem měření je průměrná hodnota téměř o 1 vyšší a to  $16,99 \text{ kg/m}^2$ . Průměrná hodnota podle CDC pro věkovou kategorii 9 let je  $16,40 \text{ kg/m}^2$  naše měření vykazuje hodnotu o 1,26 vyšší tedy  $17,66 \text{ kg/m}^2$ . Hodnoty pro věkovou kategorii 10 let jsou  $16,90 \text{ kg/m}^2$  (CDC) a  $17,98 \text{ kg/m}^2$  (Olomouc, 2014). Opět vychází vyšší hodnota u našeho výzkumu a to o  $1,08 \text{ kg/m}^2$ . Pro lepší názornost je vytvořen obrázek 24 (Centres for Disease Control and Prevention, 2009).



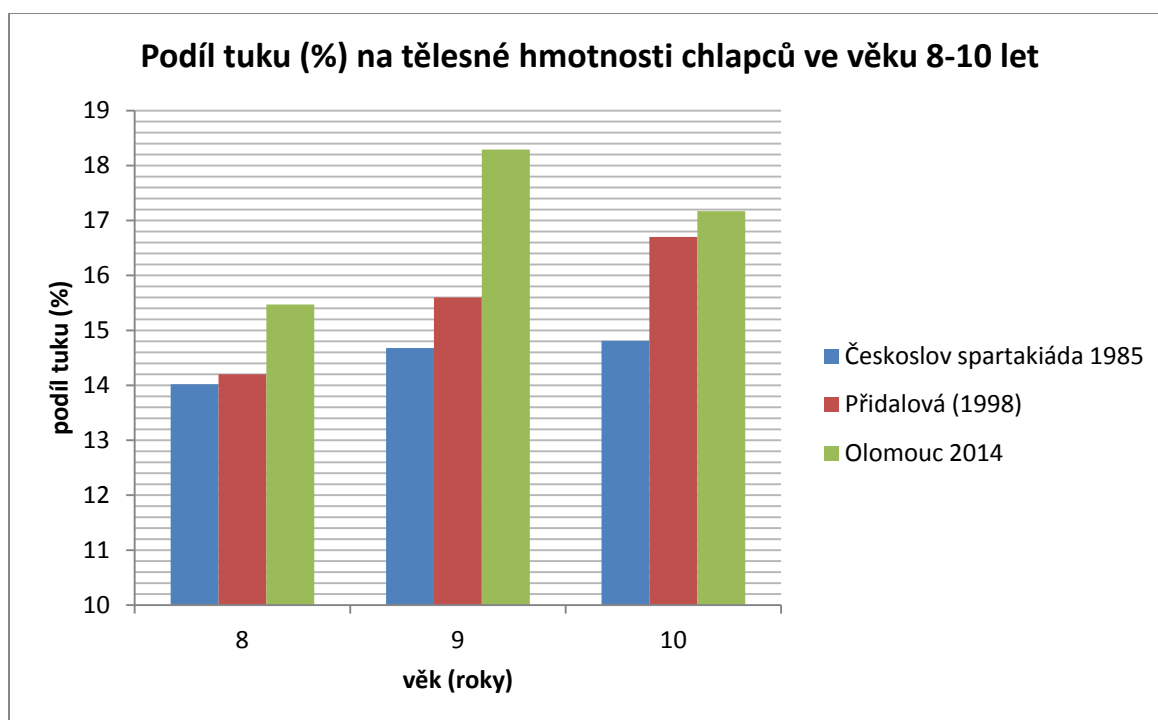
Obrázek 24. Srovnání průměrných hodnot BMI s hodnotami společnosti CDC (upraveno dle Centres for Disease Control and Prevention, 2009)

### **Srovnání průměrných hodnot tělesného tuku (BFM, kg) u chlapců mladšího školního věku**

Průměrná hodnota tělesného tuku (kg) v kategorii osmiletých je 5,1 kg. V kategorii devítiletých je hodnota o 1,6 kg vyšší tedy 6,7 kg a rozdíl průměrných hodnot mezi devítiletými a desítiletými je 0,5 kg, tzn., že průměrná hodnota v kategorii desítiletých je 7,2 kg. Dochází tedy k nárůstu množství tělesného tuku (hodnoty jsou prezentovány v tabulce 5).

### **Srovnání průměrných hodnot podílu tělesného tuku na tělesné hmotnosti (BFM, %) u chlapců mladšího školního věku**

Dalším parametrem pro srovnání je podíl tělesného tuku (v %) na tělesné hmotnosti.

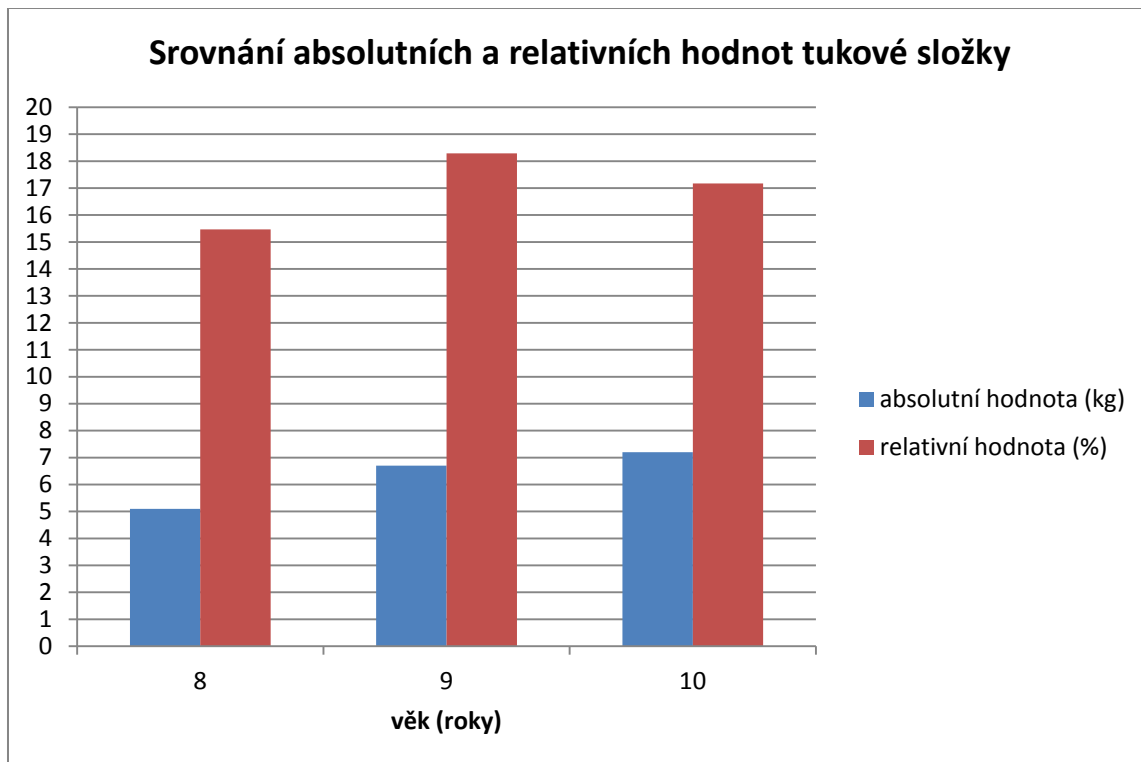


Obrázek 25. Srovnání průměrné hodnoty podílu tuku (%) na hmotnosti chlapců ve věku 8 – 10 let (upraveno dle Hajniš et al., 1989, Přidalová, 1998)

Průměrná hodnota podílu tuku na tělesné hmotnosti chlapců ve věkové kategorii 8 let je 15,5 %. Rozdíl průměrných hodnot mezi kategoriemi osmiletých a devítiletých olomouckých dětí je 2,8 %, kdy průměrná hodnota v kategorii 9 let je 18,3 %. V kategorii desetiletých průměrná hodnota klesla oproti devítiletým o 1,1 % tedy na 17,2 %. Důvodem poklesu podílu tukové tkáně na tělesné hmotnosti u věkové kategorie desetiletých je zvýšení průměrné hodnoty tukuprosté hmoty o 2,8 kg (Tabulka 5). I průměrná hodnota tělesného tuku (kg) se zvýšila, ale jen o 0,5kg. Proto je celkový podíl tělesného tuku po přepočtu na tělesnou hmotnost (která se zvýšila, ale díky přírůstku tukuprosté hmoty) nižší než v kategorii 9 let.

Porovnání množství tukové složky s jinými výsledky je komplikované, neboť data získána z výše uvedených výzkumů jsou stanovena na základě antropometrických hodnot.

Na obrázku 26 uvádíme srovnání absolutních hodnot (kg) a relativních hodnot (%) tukové složky u dětí z olomouckých základních škol. Lze zřetelně vidět nárůst absolutních hodnot ve všech věkových kategoriích, ale u relativních hodnot došlo v kategorii desetiletých k poklesu oproti kategorii devítiletých.



Obrázek 26. Srovnání absolutních a relativních hodnot tukové složky u olomouckých chlapců (2014) ve věku 8–10 let

## 6 ZÁVĚRY

Průměrná výška olomouckých chlapců se pohybovala od 134,4 cm v 8 letech do 144,6 cm v 10 letech. To představuje nárůst v rámci jednoletých věkových kategoriích v průměru o 5 cm za rok. Za celé sledované období průměrná výška vzrostla o 10,2 cm.

Průměrná tělesná hmotnost chlapců byla 30,8 kg v osmi letech a 38,0 kg v deseti letech. To představuje zvýšení průměrné hodnoty o 7,2 kg. Průměrně vzrostla tělesná hmotnost dětí o 3,6 kg za rok.

Průměrná hodnota BMI se u sledovaného souboru chlapců také zvyšovala. V osmileté věkové kategorii je průměrná hodnota 17 kg/m<sup>2</sup>. V kategorii desetiletých je průměrná hodnota 18 kg/m<sup>2</sup>. Celkový nárůst ve sledovaných věkových kategoriích je o 1 kg/m<sup>2</sup>.

Průměrné množství tělesného tuku se pohybovalo od 5,1 ve věkové kategorii 8 let, přes 6,7 kg v kategorii devítiletých až po 7,2 kg v kategorii desetiletých chlapců. Celkový nárůst je tedy o 2,1 kg tuku.

Průměrná hodnota procentuálního podílu tuku na celkové tělesné hmotnosti má trochu odlišný průběh od vývoje celkového množství tuku v kilogramech. V kategorii 8 let byla průměrná hodnota 15,5 %. V kategorii devítiletých chlapců je průměrná hodnota 18,3 % a v kategorii desetiletých klesla průměrná hodnota na 17,2 %. Průběh souvisí se změnami průměrných hodnot tukuprosté hmoty. Ta se pohybovala od 25,7 kg (osmiletí), přes 28,0 kg (devítiletí) po 30,8 kg (desetiletí). Protože hodnota tukuprosté hmoty v devítileté kategorii (28,0 kg) se zvýšila (na 30,8 kg) o 2,8 kg, ale hodnota tělesného tuku vzrostla jen o 0,5 kg, došlo ke snížení podílu tělesného tuku na celkové tělesné hmotnosti.

Vzhledem k referenčním hodnotám z celostátních antropologických výzkumů, které se konaly v letech 1991 a 2001 sledujeme u našich souborů nárůst tělesné výšky, hmotnosti, BMI a tělesného tuku.

## 7 SOUHRN

Práce se zabývá hodnocením somatických parametrů a tělesným složením chlapců v mladším školním věku. Teoretická část stručně popisuje ontogenezi jedince a následně se zaměřuje na charakteristiku období mladšího školního věku, zejména na tělesné změny, růst a proporcionalitu dětí ve věku 6 – 12 let a také na pohybovou aktivitu, která ovlivňuje morfologii a tělesné složení. Další důležitou podkapitolou jsou normy a standardy tělesného složení u chlapců mladšího školního věku. Zde uvádím, jak vůbec vznikají referenční údaje, co jsou to percentilové grafy a tabulky, proč je důležité tato data evidovat a následně přehled jednotlivých výzkumů, které se zabývají antropologickými charakteristikami. Nalezneme zde referenční data od roku 1976 – 78 kdy probíhalo měření československých dětí až po 6. celostátní antropologický výzkum, který se konal v roce 2001. Hodnoty naměřené při výzkumech nám slouží jako referenční údaje, se kterými následně srovnáváme hodnoty námi naměřené. Následují kapitoly týkající se tělesné hmotnosti a s ní souvisejícím tělesným složením, dále charakteristika vybraných parametrů tělesného složení, zejména tělesné vody, tukuprosté hmoty a tělesného tuku. Teoretickou část uzavírají kapitoly popisující metody, kterými se dá tělesné složení stanovit a poslední kapitola je věnována bioelektrické impedanční analýze, což je metoda, pomocí které jsme realizovali měření.

Cílem práce bylo analyzovat a porovnat základní somatické parametry a také parametry tělesného složení s referenčními hodnotami, které se formovaly v minulosti.

K dispozici jsme měli výsledky z měření 125 probandů, kteří byli rozděleni do tří věkových kategorií a to osmiletí ( $n = 52$ ), devítiletí ( $n = 37$ ) a desítiletí ( $n = 36$ ) let. Měření proběhlo pomocí přístroje InBody 720, který pracuje na principu multifrekvenční bioelektrické impedanční analýzy.

Námi sledované parametry měli následující průměrné hodnoty. Průměrná tělesná výška je 134,4 cm ve věkové kategorii osmiletých, 139,8 cm v kategorii desetiletých a 144,6 cm v kategorii desítiletých. Průměrná tělesná hmotnost je 30,8 kg (osmiletí), 34,6 kg (devítiletí) a 38,0 kg (desítiletí). Hodnoty BMI jsou 17,0 kg/m<sup>2</sup> (osmiletí), 17,7 kg/m<sup>2</sup> (devítiletí) a 18,0 kg/m<sup>2</sup> (desítiletí). Průměrná hodnota podílu tuku na tělesné hmotnosti (%) je 15,5 % (osmiletí), 18,3 % (devítiletí) a 17,2 % (desítiletí). Průměrná hodnota tělesného tuku v kilogramech je 5,1 kg (osmiletí), 6,7 kg (devítiletí) a 7,2 kg (desítiletí). Průměrné hodnoty tukuprosté hmoty jsou 25,7 kg (osmiletí), 28,0 kg (devítiletí), respektive 30,8 kg (desítiletí).

Porovnáním s referenčními hodnotami jsme zjistili, že všechny zkoumané parametry mají vyšší hodnotu než referenční data.

## 8 SUMMARY

The main topic of bachelor thesis is body composition of young school aged boys. Theoretical part briefly describes ontogenesis of individual human being and also is focused to describe young school age, mainly physical changes, growth and body proportions of kids aged from 6 to 12 years. Bachelor thesis is interested in physical activity which affects morphology and body composition. Next important chapter includes standards of body composition of young school aged boys. This chapter describes how do standards come into being, what does percentile diagram and percentile chart mean. Also why is important to register data like this and chapter includes summary of researches which are interested in anthropological characteristics. In this chapter we can find standards from 1978 – 78 when measuring of Czechoslovakian was held to 6<sup>th</sup> National anthropological research which was held in 2001. Values measured during these researches are standards which are we going to compare with values of our measuring. Following chapters are connected with body weight and also body composition which has close relation with body weight. Next is characteristic of selected parameters of body composition mainly body water, fat-free mass and fat mass. Next chapters of theoretical parts describe methods, how can we determine body composition and last chapter characterizes bioelectrical impedance analysis which we used for measuring in our research.

The aim of this work was to analyze and compare values of main somatic parameters and also parameters of body composition from our measuring with standard values which were constructed in the past.

There were available data from 125 persons which were divided into three groups according to their age. There were eight years category (n = 52), nine years category (n = 37) and ten years category (n = 36). For measuring we used analyzer called InBody 720 which uses multifrequency bioelectrical impedance.

Parameters we were measuring had following values. Average body height is 134,4 cm in eight years category, 139,8 cm in nine years category and 144,6 cm in ten years category. Average body weight is 30,8 (eight years), 34,6 kg (nine years) and 38,0 kg (ten years). Values of BMI are 17,0 kg/m<sup>2</sup> (eight years), 17,7 kg/m<sup>2</sup> (nine years) and 18,0 kg/m<sup>2</sup> (ten years). Average value of share of body fat mass (%) is 15,5 % (eight years), 18,3% (nine years) and 17,2 % (ten years). Average value of body fat mass in kilograms 5,1 (eight years), 6,7 kg (nine years) and 7,2 kg (ten years). Average values of fat free mass are 25,7 kg (eight years), 28,0 kg (nine years) and 30,8 (ten years).

Comparing with recommended standard values we found out that all of examined parameters have higher values than standard data.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

Annesi, J. J., Westcott, W. L., Faigenbaum, A. D. & Unruh, J. L. (2005). Effects of a 12-Week Physical Activity Protocol Delivered by YMCA After-School Counselors (Youth Fit For Life) on Fitness and Self-Efficacy Changes in 5-12-Year-Old Boys and Girls. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76(4), 468-476.

Biospace. (2009). *Produkty: InBody 720*. Retrieved 9. 5. 2014 from the Worl Wide Web: <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>

Biospace. (2009). *Technologie: srovnání přístrojů*. Retrieved 10. 5. 2014 from the Worl Wide Web: <http://www.biospace.cz/srovnani-pristroju.php>

Bláha, P. (1986). *Antropometrie Československé populace od 6 do 55 let - Československá spartakiáda 1985. Díl I - část 1*. Praha: Ústřední štáb Československé spartakiády.

Bláha, P., Jiroutová, L., Kobzová, J., Kolářová, J., Kovářová, M., et al. (2001). *Sledování růstu českých dětí a dospívajících: Norma, vyhublost, obezita*. Praha: Státní zdravotní ústav.

Bogin, B. (1999). *Patterns of human growth: second edition*. United Kingdom: Cambridge University Press.

Centres for Disase Control and Prevention. (2009). *Clinical Grow Charts*. Retrieved 30. 10. 2014 from: [http://www.cdc.gov/growthcharts/clinical\\_charts.htm](http://www.cdc.gov/growthcharts/clinical_charts.htm).

Dvořáková, H. (2012). *Školáci v pohybu: tělesná výchova v praxi*. Praha: Grada Publishing.

Dylevský, I., Kalál, J., Kolář, P., Korbelář, P., Noble, C., Otáhal, S., & Kučera, M. (1997). *Pohybový systém a zátěž*. Praha: Grada Publishing.

Hajniš, K., Brůžek, J. & Blažek, V. (1989). *Růst českých a slovenských dětí*. Praha: Academica.



Hamill, V. V. P., Terence, A. D., Johnoson, L. C., Reed B. R., Roche, F. A. & Moore, M. W. (1979). Physical growth: National Centre for Health, Statistic percentiles. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 32, 607-629.

Heymsfield, S. B., Nunez 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(3), 26-32.

Heymsfield, S. B., Waki, M., Kehayas, J. et al. (1991). Chemical and elementar analysis of human in vivo using improved body composition modes. *Americal Journal of Physiology*, 261, 190-198.

Heyward, V. H. & Wagner, D. R. (2004). Applied Body Composition Assessment. *Human Kinetics*, 87-98.

Hnízdilová, M. (2006). *Tělovýchovné chvílky, aneb, Pohyb nejen v tělesné výchově*. Brno: Masarykova univerzita.

Inbody. (2009). *Úvod*. Retrieved 10. 5. 2014 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/uvod.php>

Inbody. (2009). *Pro přesné měření na InBody*. Retrived 10. 5. 2014 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/pro-presne-mereni-na-inbody.php>

InBody. (2009). *Tělesná voda*. Retrieved 20. 5. 2014 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/telesna-voda.php>

Jansen, D. F., Korbijn, C. M. & Deurenberg P. (1992). Variability of body density and body impedance at different frequencies. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46(12), 865-871.

Kutáč, P. (2013). Základní antropometrické parametry dětské a adolescentní populace moravskoslezského kraje. *Česká antropologie*, 63(1), 20-25.

- Kyle, G. U. et al. (2004). Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23, 1226-1243.
- Langmeier, J. (1991). *Vývojová psychologie pro dětské lékaře: 2. doplněné vydání*. Praha: Avicenum.
- Langmeier, J. & Krejčířová, D. (2006). *Vývojová psychologie: 2. aktualizované vydání*. Praha: Grada Publishing.
- Lékárna Invest. (2009). *Biospace – úvod*. Retrieved 8. 5. 2014 from the Word Wide Web: [http://www.lekarna-invest.cz/index.php?lang=cz&text=bio\\_uvod](http://www.lekarna-invest.cz/index.php?lang=cz&text=bio_uvod)
- Lukaski, H. C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 46, 537-556.
- Machová, J. (2002). *Biologie člověka pro učitele*. Praha: Karolinum.
- Maffeis, C. (2000). Aetiology of overweight and obesity in children and adolescents. *European Journal of Pediatrics*, 159(13), 35-44.
- Marie-Francoise, R., Deheeger, M., Bellisle, F., Sempé, M., Guillaud-Bataille, M. & Patois E. (1984). Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 39, 129-135.
- Olde Rikkert, M. G., Deurenberg, P., Jansen, R. W., van't Hof, M. A. & Hoefnagels W. H. (1997). Validation of multi-frequency bioelectrical impedance analysis in detecting changes in fluid balance of geriatric patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(11), 1345-1351.
- Přidalová, M. (1998). *Somatodiagnostika dětí mladšího školního věku z Olomouce*. Disertační práce. Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.

- Radvanský, J., Máček, M., et al (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: Příručka funkční antropologie*. Olomouc: Hanex.
- Riegerová, J., Ulbrichová, M. (1998). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Roche, A. F., Heymsfield, S. B., Lochman, T. G. (1996). *Human body composition*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rustovyhormon. (2014). *Percentilové grafy k tisku*. Retrieved 14. 5. 2014 from the World Wide Web: <http://www.rustovyhormon.cz/percentilove-grafy-k-tisku>
- Říčan, P. (2004). *Cesta Životem: Vyd. 2*. Praha: Portál.
- Sports Fitness Advisor™. (2012). *Elements of fitness: Body composition section*. Retrieved 19. 5. 2014 from the World Wide Web: <http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>
- Státní zdravotní ústav. (2014). *Hodnocení růstu a vývoje dětí a mládeže*. Retrieved 30. 9. 2014 from the World Wide Web: <http://www.szu.cz/publikace/data/rustove-grafy>
- Trojan S. (2003). *Lékařská fyziologie: Vyd. 4., přeprac. a dopl.* Praha: Grada Publishing.
- Vignerová, J., Riedlová, J., Bláha, P., Kobzová, J., Krejčovský, L., Brabec, M. & Hrušková, M. (2006). *6. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001 Česká republika: Souhrnné výsledky*. Praha: Státní zdravotní ústav.
- Vítek, L. (2011). *Jak ovlivnit nadváhu a obezitu*. Praha: Grada Publishing.

Wang, Z., Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five level model: a new approach to organizing body-composition research<sup>1,2</sup>. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19-28.

World health organization. (2014). *Growth reference data for 5-19 years*. Retrieved 4. 10. 2014 from the Word Wide Web: <http://www.who.int/growthref/en/>

# 10 PŘÍLOHY

Příloha 1. Ukázka protokolu měření analyzátoru InBody 720 (upraveno dle <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>)

## InBody 720 Body Composition Analysis

**1 I.D.** SM2006      **AGE** 39    **HEIGHT** 159cm    **GENDER** F    **DATE / TIME** 2004.07.01/09:23:50(65000)

**B. Hospital**  
Doctor Lee

**2 Body Composition Analysis**

Compartments	Values	Total Body Water	Soft Lean Mass	Fat Free Mass	Weight	Normal Range
I C W (L) <small>Intracellular Water</small>	19.9	32.6	41.7	44.2	65.9	16.8 ~ 20.5
E C W (L) <small>Extracellular Water</small>	12.7					10.3 ~ 12.6
Protein (kg)	8.6	<small>OSSEOUS: 2.49</small>				7.2 ~ 8.9
Mineral (kg)	3.00					2.50 ~ 3.10
Body Fat Mass (kg)	21.7					9.8 ~ 19.5

► Mineral is estimated

**3 Muscle = Fat Analysis**

	Under	Normal	Over	UNIT	Normal Range	
Weight (kg)					65.9	45.8 ~ 62.0
S M M (kg) <small>Segmental Muscle Mass</small>					23.9	20.1 ~ 24.5
Body Fat Mass (kg)					21.7	4.8 ~ 19.5

**4 Visceral Fat Area**

\* 87.6

**5 Obesity Diagnosis**

	Under	Normal	Over	Normal Range	
B M I (kg/m <sup>2</sup> ) <small>Body Mass Index</small>				26.1	18.5 ~ 25.0
P B F (%) <small>Percent Body Fat</small>				33.0	18.0 ~ 28.0
W H R <small>Waist-Hip Ratio</small>				0.86	0.75 ~ 0.85

**6 Lean Balance**

	Under	Normal	Over	UNIT	
Right Arm (kg)					2.19
Left Arm (kg)					2.06
Trunk (kg)					19.7
Right Leg (kg)					6.83
Left Leg (kg)					6.81

**7 Segmental Edema**

	ECF/TBF	EDW/TBW
Right Arm	0.333	0.380
Left Arm	0.352	0.400
Trunk	0.352	0.400
Right Leg	0.333	0.380
Left Leg	0.333	0.380

**8 Edema**

**9 Body Composition History**

DATE / TIME	Weight	SMM	Fat	Score	ECF/TBF
04/03/05 09:55	67.0	23.0	24.5	73	0.348
04/04/02 10:30	66.8	23.0	23.5	73	0.349
04/05/12 09:50	66.5	23.2	22.7	73	0.345
04/06/08 10:23	66.0	23.7	22.0	74	0.343
04/07/01 09:23	65.9	23.9	21.7	74	0.345

**10 Additional Data** (Normal Range)

Obesity Degree = 124 %    90 ~ 110

B C M = 24.1 kg    24.0 ~ 29.3

B M C = 2.49 kg    2.35 ~ 2.52

B M R = 1324 kcal    1128 ~ 1378

A C = 34.3cm

A M C = 28.5cm

**11 Weight Control**

Target Weight	56.4 kg
Weight Control	-9.5 kg
Fat Control	-9.5 kg
Muscle Control	0.0 kg

**12 Fitness Score** 74 Points

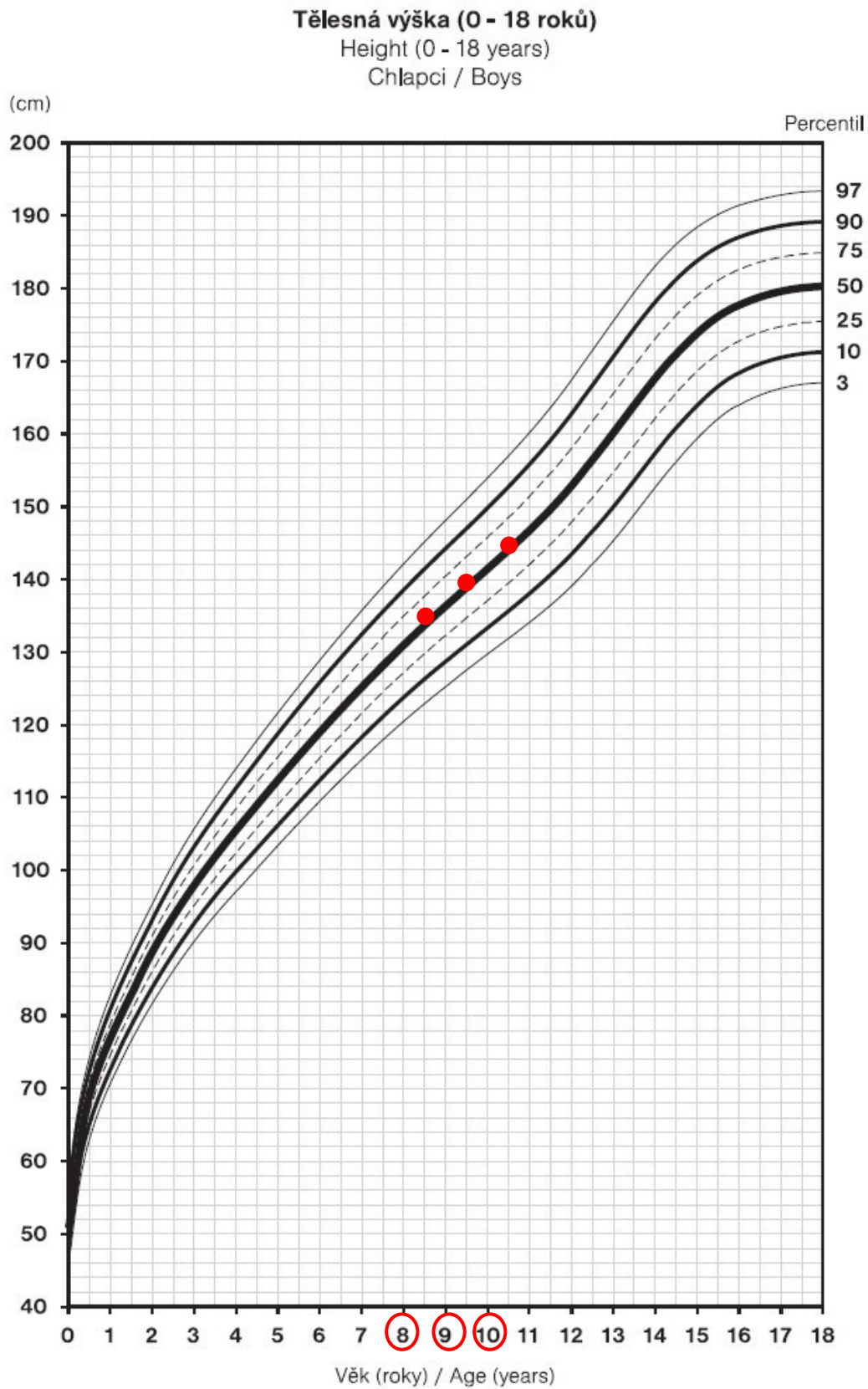
**13 Impedance**

Z	RA	LA	TR	RL	LL
1kHz	373.0	370.0	31.2	277.0	278.0
5kHz	362.1	359.3	29.8	266.0	266.0
50kHz	314.0	313.0	25.8	229.0	230.0
250kHz	279.0	283.0	21.6	204.0	204.0
500kHz	269.0	275.0	20.6	198.0	199.0
1000kHz	248.0	254.0	18.1	194.0	195.0
Xc	98.9	34.0	3.0	51.8	49.5
50kHz	56.2	91.9	9.5	11.3	12.8
250kHz	18.7	49.8	5.9	83.1	80.8

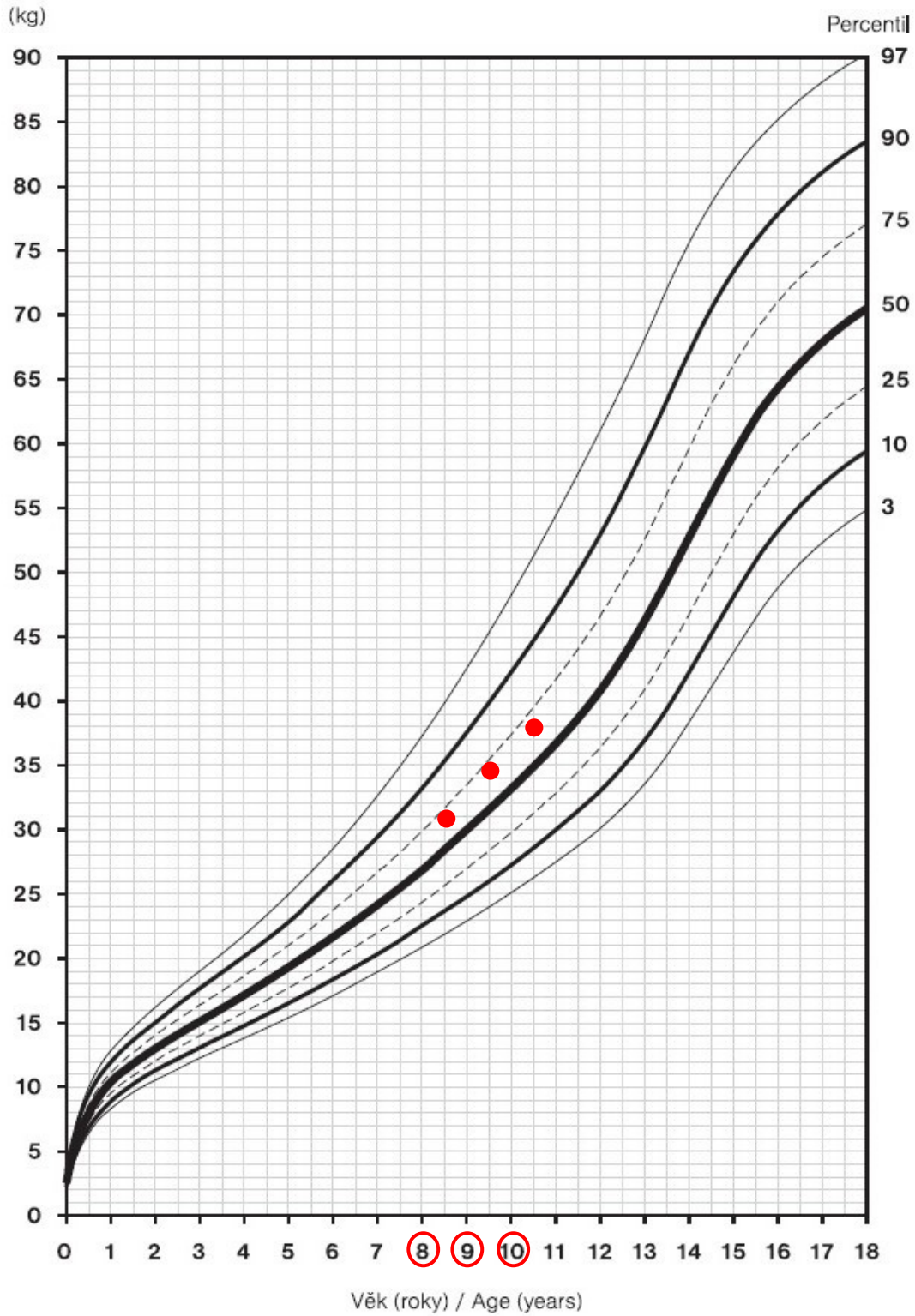
Copyright © 1999-2004 by Biospace Co., USA. All rights reserved. InBody 720 is a registered trademark of Biospace Co.

Příloha 2. Zanesení hodnot našeho měření do percentilového grafu dětské populace

Graf 5.8. – 2a



**Hmotnost (0 - 18 roků)**  
Body weight (0 - 18 years)  
Chlapci / Boys



Příloha 3. Zanesení hodnot našeho měření do percentilového grafu dětské populace

Graf 5.8. – 10a

