

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**  
FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

(magisterská)

2013

Bc. Zdeněk Beker

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY  
Katedra přírodních věd v kinantropologii



**ZMĚNY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U CHLAPCŮ Z FOTBALOVÝCH  
SPORTOVNÍCH TŘÍD V PRŮBĚHU ONTOGENEZE**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Zdeněk Beker, učitelství pro základní školy,  
kombinace Tělesná výchova + Německý jazyk se zaměřením na vzdělávání

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

Olomouc 2013

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Zdeněk Beker  
**Název diplomové práce:** Změny tělesného složení u chlapců z fotbalových sportovních tříd v průběhu ontogeneze  
**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii  
**Vedoucí diplomové práce:** Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.  
**Rok obhajoby diplomové práce:** 2013

**Abstrakt:** Diplomová práce se zabývá sledováním změn v tělesném složení vybrané skupiny (n=29) fotbalistů staršího školního věku (11–13 let) z klubu SK Sigma Olomouc a žáků ZŠ Heyrovského v Olomouci v průběhu ontogeneze. V rozmezí téměř jednoho a půl roku byla provedena 3 výzkumná šetření, a to v letech 2008 a 2009. Jednalo se o antropometrické měření a stanovení tělesného složení metodou bioelektrické impedanční analýzy pomocí přístroje InBody 720. Cílem práce byla analýza vybraných somatických dat determinujících tělesné složení podle metody bioelektrické impedance v průběhu ontogeneze. Výsledky našeho šetření jsou různorodé, podobně jako je tomu u jiných studií jedinců v této věkové kategorii. Vzhledem k referenčním hodnotám a výsledkům studií jiných autorů jsou námi naměřené hodnoty ve většině případů nižší, či podobné, ale nacházíme rovněž hodnoty vyšší. K ověření statistické významnosti rozdílů průměrů byla použita jednofaktorová ANOVA. Hladina statistické významnosti byla zvolena na hladině  $p < 0,05$ . Většina výsledků byla statisticky signifikantní.

**Klíčová slova:** fotbal, ontogeneze, starší školní věk, bioelektrická impedanční analýza, frakcionace tělesné hmotnosti, InBody 720, segmentální svalová analýza, tuk, tukuprostá hmota, tělesná voda

Diplomová práce byla zpracována v rámci projektu „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“ (IK: 6198959221).

**Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.**

**Author's first name and surname:** Bc. Zdeněk Beker  
**Title of the master thesis:** Changes in body composition of boys from football sport classes during ontogenesis  
**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology  
**Supervisor:** Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.  
**The year of presentation:** 2013

**Abstract:** This thesis is focused on monitoring of changes in body composition of selected group (n=29) of young football players (11–13 years old) of the club SK Sigma Olomouc and pupils of Primary school Heyrovského in Olomouc during ontogenesis. We took three measurements during one and a half year (2008–2009). We did the anthropometrical research and we set the body composition using the method of bioelectrical impedance analysis via InBody 720. The aim of this thesis is the analysis of selected somatic data which determine body composition according to the method of bioelectrical impedance during ontogenesis. The results of our research are diverse similarly to other researches of the same age group. If we compare reference values and results of other authors, our results are in most cases lower, but we also find values which are higher. We used single factor ANOVA to verify statistical significance of differences of averages. We set the statistical significance level at  $p < 0,05$ . The most of the results were statistically significant.

**Key words:** football, ontogenesis, older school age, bioelectrical impedance analysis, fractionation of body weight, InBody 720 device, segmental muscle analysis, fat, fat free mass, body water

The master thesis was elaborated within the project “Physical Activity and Inactivity of the Inhabitants of the Czech Republic in the Context of Behavioural Changes“(IC: 6198959221).

**I agree with lending of this thesis within the library service.**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením vedoucí práce Doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D. Uvedl jsem všechny použité literární zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 27. 6. 2013

.....

### **Poděkování**

Děkuji vedoucí diplomové práce Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. a technické pracovníci Renátě Slezákové za pomoc a cenné rady, které mi poskytly při zpracování diplomové práce a také děkuji RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při statistickém zpracování dat.

Dík patří také mým rodičům a rodině za podporu během celého studia.

# OBSAH

1 ÚVOD.....	8
2 SYNTÉZA POZNATKŮ .....	11
2.1 Fotbal .....	12
2.1.1 Charakteristika fotbalu .....	12
2.1.2 Vznik a vývoj fotbalu .....	13
2.1.3 Základní pravidla fotbalu.....	15
2.1.4 Pohybová a fyziologická charakteristika fotbalu.....	16
2.2 Ontogeneze .....	20
Tělesný vývoj.....	23
Motorický vývoj.....	23
Psychický vývoj .....	25
Sociální vývoj.....	26
2.3 Základní kinantropologické pojmy .....	27
2.3.1 Kinantropologie .....	27
2.3.2 Antropologie.....	27
2.4 Tělesné složení .....	30
2.4.1 Tuk.....	38
2.4.2 Tukuprostá hmota (aktivní tělesná hmota).....	43
2.4.3 Tělesná voda .....	46
2.4.4 BCM a ECM.....	50
2.4.5 Minerály .....	53
2.5 Modely tělesného složení.....	54
2.6 Metody odhadu tělesného složení.....	57
Antropometrie .....	57
Biofyzikální a biochemické metody .....	58
Bioelektrická impedance (BIA).....	58

3 CÍLE .....	68
Dílčí cíle: .....	68
Výzkumné otázky: .....	68
4 MATERIÁL A METODIKA .....	69
4.1 Charakteristika souboru .....	69
4.2 Průběh měření .....	70
4.3 Zpracování dat .....	70
4.4 Přístrojová technika.....	70
4.5 Sledované somatické parametry .....	75
5 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	77
5.1 Srovnání stavu vybraných somatických znaků.....	77
Zdravotní ukazatelé tělesného složení (somatické indexy) .....	96
6 ZÁVĚR .....	105
7 SOUHRN.....	108
8 SUMMARY .....	110
9 REFERENČNÍ SEZNAM .....	112
10 PŘÍLOHY.....	127



# 1 ÚVOD

Práce je zaměřena na sledování změn tělesného složení metodou bioelektrické impedanční analýzy u chlapců staršího školního věku navštěvujících fotbalové sportovní třídy při opakovaných měřeních.

Fotbal je celosvětovým sportovním fenoménem. Je to nejrozšířenější a také divácky nejnavštěvovanější a nejsledovanější kolektivní hra na světě. V posledních letech prošel fotbal dynamickým vývojem, zrychluje se tempo hry, zvyšuje se fyzická náročnost a mění se tak i somatické požadavky na hráče. Výběr talentů je v současnosti téměř vědeckou disciplínou začínající u dětí v útlém věku, které následně podstupují složité fyzické testování a namáhavý tréninkový proces. Nedílnou součástí při výběru talentů se u profesionálních klubů stala i měření tělesného složení a na základě jejich analýzy optimalizace tréninkového procesu. Tato měření nejsou pouze odrazem aktuálních somatických dispozic, nýbrž umožňují zjištění fyzických předpokladů a především slouží ke kontrole úspěšnosti tréninkového procesu. Trenér může díky výsledkům těchto měření přizpůsobovat trénink nejen jednotlivým hráčům individuálně, ale i jejich jednotlivým tělesným partiím.

Pro sestavení tréninkových plánů, zpětnou kontrolu a hodnocení jejich úspěšnosti se stala diagnostika tělesného složení již nedílnou součástí.

V moderní medicíně se rozvoji tělesné zdatnosti a výkonnosti člověka věnuje tělovýchovné lékařství. Na konci 60. let byla při tvorbě nové koncepce tělovýchovného lékařství zařazena jako trvalá součást tohoto oboru i sportovní antropologie (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Problematice tělesného složení u různých skupin a věkových kategorií se dlouhodobě věnují na FTK UP v Olomouci (Přidalová et al., 2012; Přidalová et al. 2008; Přidalová, 2008; Přidalová et al., 2007; Přidalová et al., 2010; Přidalová et al., 2011; a další). Jejich výzkumy poskytují informace k téměř všem tělesným komponentům, z nichž mnohé představují důležité parametry i při výběru talentů a všeobecně pro celou oblast sportovní antropologie.

K odhadu tělesného složení je používáno jak metod laboratorních tak terénních. Laboratorní metody jsou náročné na technické vybavení, odbornost obsluhy, organizační možnosti a cenové relace. Mezi nejčastěji používané terénní metody patří BIA (bioelektrická impedanční analýza), která pracuje na základě

rozdílného šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. Měření pomocí metody BIA není náročné na zaškolení obsluhy, je časově jednoduše realizovatelné, finančně dostupné a mnohými studiemi je potvrzena jeho validita a reliabilita (Heymsfield et al., 2005; McArdle & Katch, 2007; Heyward & Wagner, 2004).

Nejčastěji se při hodnocení tělesného složení metodou BIA jedná o posouzení podílu tělesného tuku, tělesné vody a tukuprosté hmoty na celkové tělesné hmotnosti (Bunc & Psotta, 2001; Haník, 2008; Kollath, 2006).

Přidalová a Gába (2012) a Přidalová et al. (2008) uvádějí, že na základě různých kinantropometrických technik umožňuje somatodiagnostika posoudit aktuální somatický stav zdravého i hendikepovaného jedince.

Díky somatodiagnostice je na základě různých kinantropometrických technik možné posoudit aktuální somatický stav jedince. Moderní přístrojová technika pracující na základě bioelektrické impedance slouží rovněž k hodnocení tělesné zdatnosti, nadváhy, obezity, malnutricie, osteoporózy, sarkopenie apod. a umožňuje dokonce segmentální analýzu svalové či tukové frakce. Získáváme tak podrobné informace o svalové a tukové dysbalanci či rovnováze v rámci 5 tělních segmentů (horní a dolní levá a pravá končetina a trup), na které je tělo při měření rozděleno (Biospace, 2008).

Změny v tělesném složení, resp. v poměru tělesných frakcí – tukové složky a tukuprosté hmoty jsou vhodným ukazatelem průkaznosti změn v somatickém stavu. Za adekvátní ukazatel funkčního stavu organismu a jeho zdatnosti je považováno optimální tělesné složení (Sofková, Přidalová, Pelclová, & Dostálová, 2011).

Kopecký a Přidalová (2008) popsali ve své studii u dívek ve věku 7–15 let porovnávané s výsledky měření v minulosti (1966) pozitivní sekulární trend v tělesné výšce a hmotnosti. S tímto trendem určitě souvisí i změna tělesného složení a předpokladem je, že obdobné výsledky jsou i u chlapců.

Naši nabídku k měření s radostí přijali učitelé tříd specializovaných na tělesnou výchovu se zaměřením na fotbal ZŠ Heyrovského v Olomouci, kteří jsou zároveň trenéry žákovských družstev SK Sigma Olomouc. Měření špičkovým přístrojem InBody 720 proběhlo za standardních podmínek v laboratoři KPK FTK UP v Olomouci ve třech zhruba půlročních intervalech od listopadu roku 2008 do konce roku 2009. Děti podstoupily rovněž šetření na přístroji Tanita BC-418 MA,

které však není součástí této práce. Díky opakovaným měřením se data nestala pouze materiálem pro naši práci, ale poskytla rovněž cenné údaje trenérům. Ti si díky nim mohli ověřit efektivitu a splnění cílů tréninkových jednotek a jejich změn.

Trenérům byly předány výsledky měření s krátkým komentářem, sloužící jako aktuální a přesné informace o stavu jejich svěřenců. Informace se pro ně staly impulzem pro uzpůsobení tréninkových jednotek a také posílení slabších tělesných oblastí jejich svěřenců projevujících se buď u celého kolektivu, nebo individuálních hráčů. Díky tomu se podařilo dosáhnout možnosti optimalizování tréninkového cyklu s kontrolou.

Stanovení tělesného složení, posouzení jeho změn a zhodnocení vybraných somatických parametrů ve smyslu frakcionace tělesné hmotnosti v průběhu několika měření je pak hlavní náplní téhle práce. Jedná se především o hodnoty tukové a tukuprosté hmoty, celkové tělesné vody s ohledem na rozdělení do extra- a intracelulární složky a další tělesné komponenty.

Touhle prací jsme se chtěli rovněž pokusit vyplnit určité chybějící místo na poli výzkumů a studií zabývajících se tělesným složením dětí a dospívajících.

Tato práce byla řešena v rámci výzkumného projektu FTK UP „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“ (IK: 6198959221).

## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

Mechlová a Košťál (1999) definují výkon jako množství práce vykonané za jednotku času. V oblasti tělesných cvičení se uvádí pojem pohybový, či svalový výkon. Svalový výkon může být definován jako součin rychlosti pohybu a vynaložené síly, který zahrnuje mnoho faktorů související s vlastnostmi svalů (Jandačka a Vaverka, 2008).

Podle Čelikovského et al. (1990) se v tělesné výchově a sportu nejčastěji používá termín sportovní výkon.

Chceme-li vést sportovní přípravu kvalitně, je nutné znát strukturu sportovního výkonu a relevantní faktory účastníci se této struktury (Vaverka a Černošek, 2007).

Pojem sportovní výkon je ve sportovních hrách označován jako herní výkon. Ten tvoří individuální herní výkon a týmový herní výkon (Schnabel et al., 2003; Rampinini et al., 2009).

Čelikovský et al. (1990) dále uvádí, že výkonnost je dána opakováním výkonu v určité době. Schopnost podávat stabilní výkony na úrovni trénovanosti sportovce je pak definicí pro sportovní výkon (Dovalil et al., 2002).

Sledování tělesného složení se stalo již běžnou součástí funkčních vyšetření sportovců, jelikož patří mezi somatické faktory sportovního výkonu. Nejčastěji je při jeho měření využíváno antropometrických metod (kaliperace) nebo metody bioelektrické impedance. Výsledkům však nebývá věnována větší pozornost, zůstávají pouze jako doplňkové a slouží převážně pro informaci o velikosti, či zastoupení jednotlivých tělesných frakcí (Dostálová & Přidalová, 2005; Silvestre et al., 2006; Querioga, Ferreira, & Pereira, 2008).

Trénink v dětství by měl mít především přípravný charakter. V tomto období se utváří vztah k pohybu a sportování, a proto by měl trénink respektovat věková specifika, vývojové charakteristiky a možné odchylky kalendářního a biologického věku. Změny způsobené nerespektováním uvedených zákonitostí se projeví také ve složení těla (Soukup et al., 1990).

## 2.1 Fotbal

### 2.1.1 Charakteristika fotbalu

Fotbal, neboli kopaná, je sportovní, týmová, branková hra, která patří nejen v naší republice, ale na celém světě k nejoblíbenějším sportovním hrám. Profesionální úroveň je ovlivněna faktory ekonomickými i politickými, na amatérské úrovni slouží fotbal jako forma aktivního odpočinku a zábavy (Votík & Zalabák, 2006, 13).

Fotbal se již dávno stal nejpopulárnějším sportem kolektivního typu na světě, za což vděčí především nenáročnému a nenákladnému vybavení, které umožňuje, že si fotbal může zahrát téměř každý ve všech koutech světa. Na vrcholové úrovni mapují dění na světových, evropských i domácích trávnicích snad všechna média a přinášejí navíc i veškeré informace, které s fotbalem byť jen nepatrně souvisí. Hvězdy světoznámých klubů jsou idoly a vzory nejen pro malé začínající fotbalisty, ale i pro širokou fotbalovou veřejnost. V dnešní době již všichni dobře chápou, že pokud chce klub na světové úrovni uspět, nemůžou se zabývat pouze kategorií dospělých, kde se sice přirozeně pohybuje nejvíce peněz, ale musí sledovat, pečlivě analyzovat a vychovávat hráče již od nejútlejšího věku. Nenahraditelnými jsou v této oblasti špičkoví odborníci, kteří rozumí všemu, co je pro současný fotbal typické a nutné. Nejde zde pouze o pozorování a vyhledávání mladých talentů. Výsledkem tohoto procesu je kompletní a podrobná analýza jedince, ve které důležitou roli hraje i zkoumání tělesného složení. K tomu účelu kluby investují i mnohamilionové investice do přístrojové techniky, nebo tyto sumy platí odborníkům, kteří jsou na to přístrojově vybaveni. Zjištění tělesného složení umožňuje individuální přístup k sestavení tréninkových plánů pro dosažení co nejlepších fyzických výsledků jedinců, které se pak odráží na výsledcích klubových a také slouží k diagnostice účinnosti zvoleného tréninkového zatížení.

Trendem moderního fotbalu je zrychlování, profesionalizace a kvalitnější a lepší podmínky, především pak ty materiální, jako vývoj nových míčů, obuvi a dokonce i v oblasti oblečení (dresů) můžeme pozorovat mnohé často až futuristické tendence.

Tyto trendy popisuje Bedřich (2006) jako:

- 1) **intenzifikace** – zvýšení intenzity hráčských činností, požadavků na trénovanost hráčů, taktiku, techniku a zvyšuje se i frekvence střídání útočných a obranných fází hry;
- 2) **univerzálnost** – požadavek na provedení stejně kvalitního herního výkonu v různých pozicích a různých situacích;
- 3) **intelektualizace** – kladoucí důraz na kreativní, promyšlené a správné řešení herních situací.

Hráči v moderním fotbale se musejí plně orientovat na míč, musejí zvládat přechod z obranné do útočné činnosti a opačně. Dále patří mezi důležité prvky pochopení a realizace vzájemného prolínání formací, schopnost rychlého a úspěšného rozhodování a uskutečňování předem naučených herních situací spolu s nutnou improvizací při neočekávaných situacích. Neustálé zrychlování klade vysoké nároky na kreativní schopnosti, orientaci v prostoru, rozhodování v časové tísní a samozřejmě také na fyzické předpoklady hráčů.

Moderní tendence popisují Votík a Zalabák (2006) v několika bodech:

- 1) zautomatizovaná, bezchybná technika i pod tlakem herního stresu;
- 2) orientace na ofenzivní myšlení;
- 3) maximálně aktivní a dynamické myšlení;
- 4) konstruktivní defenziva; agresivní ofenziva

### **2.1.2 Vznik a vývoj fotbalu**

Nohou poháněný míč při různých hrách zná lidstvo již několik tisíciletí. Dokládají to písemná svědectví prastarých národů a kultur.

„Ze starých vykopávek je zřejmé, že kulatý míč proháněli nohama již staří Egypťané téměř 2000 let před n. l.“ (Bauer, 1996, 8). Již z 3. století před n. l. pochází přesně dochovaná pravidla hry „Ts'uh Küh“, kterou hráli i čínští císaři a která se dá jednoznačně označit jako jeden z předchůdců fotbalu. A podobné zmínky nacházíme rovněž v Japonsku.

Hry podobné fotbalu jsou doloženy již ve starém Řecku pod názvem „episkyros“ a v římském impériu pod názvem „harpastum“ a „calcio“. Římané pak tyto hry přenesli do Británie v rámci svých tažení a výbojů.

V dnešní Anglii a Skotsku zaznamenal fotbal obrovský rozmach. Regule však nebyly přesně vymezeny, a proto docházelo k hrubým násilnostem a výtržnostem. Angličtí a skotští králové se fotbal marně pokoušeli několikrát zakázat (Bauer, 1996).

Za kolébku moderního fotbalu je považována Anglie, kde byly míčové hry podobné fotbalu důležitou součástí výchovy a studia na školách. Fotbalovou asociaci s názvem „Football Association“, první fotbalový svaz na světě, založilo 26. října roku 1863 jedenáct londýnských klubů a škol. 8. prosince 1863 se od asociace odrhli zástupci školy z Rugby a fotbal se tak začal bouřlivě vyvíjet, jak uvádí Bauer (1996).

Fotbal se postupně rozšířil i na kontinent, kde je nejstarším fotbalovým mužstvem patrně švýcarský Lausanne Football and Cricket Club založený v roce 1860. Díky anglickým dělníkům pracujícím na stavbě železnice se fotbal dostal až do Jižní Ameriky, přičemž ale tato teorie rozšíření fotbalu na jihoamerický kontinent nebyla nikdy přesvědčivě doložena (Anonymous. Fotbal. Retrieved 9. 3. 2013 from the World Wide Web: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotbal>).

V českých zemích se fotbal začal hrát koncem 19. století, a to zejména v cyklistických a veslařských klubech a v kroužcích na pražských gymnáziích. První klub byl založen v Roudnici a první utkání bylo sehráno roku 1892 mezi družstvy ČAC Roudnice a Sokolem Roudnice, ve kterém ČAC Roudnice vyhrála 1:0. Český fotbalový svaz vznikl 19. 10. 1901 a v roce 1906 byl přijat za člena FIFA. Zákrokem tehdejšího rakouského fotbalového svazu byl bohužel Český fotbalový svaz roku 1908 z FIFA vyloučen. Za řádného člena byla přijata v roce 1922 dobudovaná celostátní fotbalová organizace Československá asociace fotbalová – ČSAF. ČSAF se rozpadla v roce 1992 a následně byl vytvořen samostatný Českomoravský fotbalový svaz.

Dnes fotbal hrají profesionální fotbalisté po celém světě, mnoho dalších lidí se mu pak věnuje na amatérské či rekreační úrovni. Podle průzkumu, uspořádaného v roce 2001 mezinárodní fotbalovou federací FIFA, hraje pravidelně fotbal nejméně 240 miliónů lidí ve více než 200 zemích světa. Mezi příčinami jeho popularity jsou bezesporu jednoduchá pravidla a naprosto minimální náročnost na vybavení (Anonymous. Fotbal. Retrieved 16. 2. 2013 from the World Wide Web: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotbal>).

### 2.1.3 Základní pravidla fotbalu

Pro všechna soutěžní utkání se používají oficiální pravidla fotbalu (Laws of the Game), která jsou rozdělena do sedmnácti částí. Fotbal hrají dvě družstva proti sobě. V každém družstvu je 11 hráčů včetně brankáře, přičemž minimální počet hráčů na hřišti nesmí být jak na začátku, tak ani kdykoliv v průběhu hry nižší než sedm. Hřiště je obdélníkového tvaru, nejčastěji travnaté se dvěma brankami na koních. Rozmezí 100–110 metrů na délku a 65–75 metrů na šířku jsou rozměry přípustné podle oficiálních pravidel (Obrázek 55 v přílohách) a hřiště musí být náležitě označeno. Ke hře smí být použito nohou i ostatních částí těla, kromě rukou a paží, těmi může hrát pouze brankář a to ve vymezeném území. Délka utkání se liší v závislosti na věkové kategorii a také na tom, jedná-li se o mužské, či ženské soutěže. Pro muže je utkání vymezeno časem 2 x 45 minut, pro dorostence 2 x 40 minut, pro starší žáky 2x 35 minut, pro mladší žáky 2 x 30 minut a pro přípravku 2 x 25 minut. V průběhu utkání je povoleno kdykoliv střídat hráče, ovšem za podmínky, že vystřídaný hráč se již nemůže vrátit zpět na hřiště. Povinností hráčů je mít příslušnou výstroj. Jeden hlavní rozhodčí a jeho dva asistenti, označovaní jako „pomezni rozhodčí“ dohlíží na správný průběh utkání a řeší všechny vzniklé situace. Při přerušení hry z různých důvodů je následné rozehrání ustanoveno příslušnými pravidly. Rovněž tvar, rozměry a váhu fotbalového míče určují pravidla dané soutěže. Cílem hry je, aby družstvo dosáhlo více vstřelených branek (gólů) než tým soupeře, přičemž branka je uznána, přejde-li míč brankovou čáru mezi tyčemi branky (podle [http://www.fifa.com/mm/document/affederation/generic/81/42/36/lawsofthegame\\_2010\\_11\\_e.pdf](http://www.fifa.com/mm/document/affederation/generic/81/42/36/lawsofthegame_2010_11_e.pdf)).



## 2.1.4 Pohybová a fyziologická charakteristika fotbalu

Podle Psotty et al. (2006) se fotbal stále zrychluje a zintenzivňuje. Zatímco v 60. a 70. letech profesionální hráč za utkání překonal průměrně vzdálenost 4–8 km, dnes tato vzdálenost činí 8–15 km. Je to způsobeno zvyšováním tělesné výkonnosti, a to především díky výživě, která je kvalitnější, lepším socioekonomickým podmínkám a rovněž uplatňováním vědeckého přístupu k tréninku.

„Ve fotbalu funguje velmi těsné sepětí mezi výkonem podávaným při hře a kondičními dispozicemi hráče. To platí jak pro příležitostné „kopálisty“, kteří hrají jen tak pro radost nebo si hraním fotbalu udržují tělesnou kondici, tak zejména pro profesionální a vrcholové hráče“ (Bauer, 1996, 60).

Demetrovič et al. (1988) uvádí, že fotbal zahrnuje různé druhy cyklických činností (běhu, startů aj.) a acyklických pohybů, sloužících k ovládnutí a usměrňování míče. Díky úderu do míče nohou (kop) nebo hlavou uskutečňují hráči přihrávání a střelbu. Počáteční rychlost vystřeleného míče dosahuje až 170 km/h.

Podle Bauera (1996) se vylepšení pohybové a tělesné kondice týká:

- celkové tělesné vytrvalosti,
- rychlosti reakcí,
- rychlosti pohybů,
- obratnosti a šikovnosti.

Ve vrcholovém fotbale je pozornost nutně věnována celkové kondiční způsobilosti i tréninku jednotlivých speciálních kondičních faktorů a schopností uplatňovaných při bránících i útočných fázích hry. Jde o vytrvalost, rychlost a obratnost.

Psotta et al. (2006) dále popisuje výrazné snižování množství tělesného tuku ve prospěch relativního zvyšování aktivní tělesné hmoty v současném fotbale. Běžné nálezy 10–15 % tuku u hráčů elitních evropských týmů v sedmdesátých

letech minulého století stojí tak v porovnání s 8–12 % tuku u současných hráčů, kteří se těmito hodnotami téměř přibližují elitním vytrvalcům (4–7 % tuku).

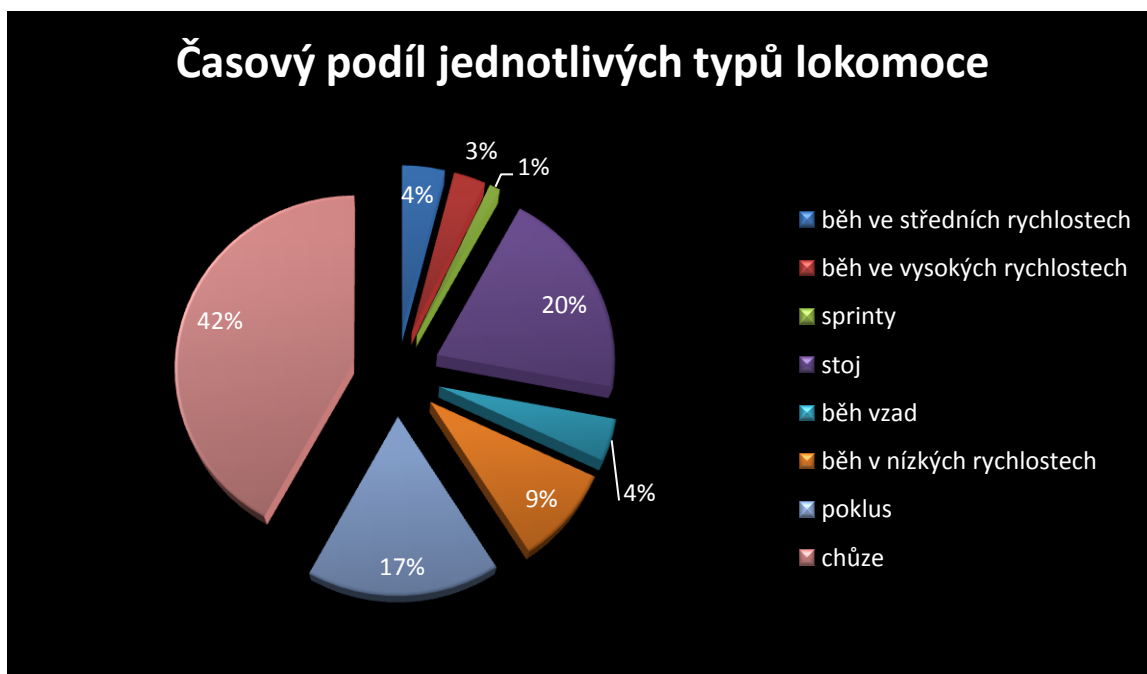
Zatížení je v utkáních charakterizováno nepravidelným střídáním maximální, submaximální, střední a mírné intenzity. Tato intenzita je ovlivňována důležitostmi utkání, rozdílnou úrovní soupeřů a konkrétním zapojováním hráče do určitých herních situací. Typickým ukazatelem současného pojetí hry je stálé zvyšování požadavků kladených na hráče za ztížených podmínek z hlediska času, prostoru a soupeře. Náročnost kladená na hráče je závislá na jeho individuálních schopnostech, zkušenostech, hráčské osobnosti, na druhu taktických úkolů, ale i na vyspělosti soupeře a významu utkání. Z dlouhodobých pozorování vyplývá, že např. středový hráč, který bývá zpravidla nejvíce zatížen, překoná v utkání 5–7 km, za utkání v průměru 160x běží vpřed, 29krát vzad, 32krát stranou. Provede 123 startů, 19 výskoků, 14 pádů apod. Nejvyšší intenzitou překoná středový hráč vzdálenost 800–1400 m, krajní obránce 600–1000 m, útočník 700–1000 m (Večeřa, 1995, 7).

Charakteristické je podle Psotty (2006) střídání pohybového zatížení v utkání, ke kterému dochází v průměru každou pátou až šestou sekundu. Typickými jsou pak pro fotbal intervaly stojů, chůze, běhů různých rychlostí a způsobů v rozmezí 2–10 sekund.

V tabulce 1 je zachycen model pohybové aktivity hráče v utkání a obrázek 1 pak dokumentuje časový podíl jednotlivých typů lokomoce.

**Tabulka 1.** Model pohybové aktivity hráče v utkání (upraveno dle Psotta, 2006)

Model pohybové aktivity hráče v utkání	
<b>Lokomoční činnosti bez míče</b>	
9-15 km	vzdálenost překonaná chůzí a během v různých rychlostech a způsobech
40-60	změn směru běhu spojených s brzděním a zrychlením
6-20	obránných soubojů
5-20	výskoků
0-6x	zvednutí ze země
<b>Činnosti s míčem</b>	
30x	vedení míče, překonaná vzdálenost 140-220 m
20-46	přihrávek
0-4x	střelba
4-17x	hra hlavou



**Obrázek 1.** Časový podíl jednotlivých typů lokomoce v % celkové doby utkání u špičkového evropského týmu (upraveno dle Psotta, 2006).

Večeřa (1995) uvádí, že zatížení v utkání rozvíjí především vytrvalost v rychlosti, výbušnou sílu svalů dolních končetin a koordinaci. V průběhu utkání je průměrná frekvence 165–175 tepů za minutu a úbytek hráče na váze je po utkání 1–3 kg.

Fotbalisté mají oproti netrénovaným jedincům relativně vysokou hodnotu maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2 \text{ max}$ ), která se v průměru pohybuje mezi 56–69  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  a přibližují se tak sprinterům na 100 a 400 metrů, zaostávají však za běžci na středních a dlouhých tratích. Důležitým faktem přitom je, že hodnota  $VO_2 \text{ max}$  vyšší než 65  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  není z hlediska realizace herního výkonu v utkání žádnou výhodou a to především kvůli jeho střídavému charakteru. Jedinci adaptovaní na vytrvalostní výkony mají výrazně nižší zastoupení rychlých glykolytických a rychlých oxidativně glykolytických vláken, tzv. přechodových, která jsou právě pro fotbalisty nejtypičtější a odpovídají adaptaci na rychlostně-vytrvalostní výkony (Psotta et al., 2006).

### ***Somatické parametry***

Ve fotbale tělesná výška nehraje rozhodující roli, může být v určitých herních situacích výhodná, v jiných naopak nevýhodná. Vyšší tělesná výška je všeobecně považována jako vhodná pro hráče na pozici obránců. Nejvhodnější jsou pro fotbal hráči s dobrou pohyblivostí, obratností, vytrvalostí, rychlou reakcí a dostatečnou silovou schopností, zvláště dolních končetin (Demetrovič et al., 1988).

Vyšší nároky moderního fotbalu na výkonnost souvisejí s trendem snižování množství tělesného tuku ve prospěch relativního zvyšování aktivní tělesné hmoty (Psotta et al., 2006).

## 2.2 Ontogeneze

Během svého života prochází člověk řadou změn.

Po celou dobu, od oplozeného vajíčka, kterým začíná život nového člověka, až do jeho smrti probíhá vývoj jedince (ontogenetický vývoj, ontogeneze). Ontogenetický vývoj se člení na řadu období, která mají své charakteristické anatomické a fyziologické zvláštnosti. V každém z nich můžeme pozorovat řadu změn.

Tyto změny jsou dvojího druhu:

1. růstové,
2. vývojové (Machová, 2005, 178).

Primárně jsou tyto procesy určeny faktory dědičnými, které však ovlivňují faktory prostředí.

### ***Ontogenetické fáze postnatálního období (Machová, 2005, 179)***

1. období novorozenecké	}	rané dětství
2. období kojenecké		
3. období batolete		
4. předškolní věk	-	střední dětství
5. mladší školní věk	-	pozdní dětství
6. starší školní věk	}	dospívání
7. období dorostového věku		
8. období plné dospělosti		(18–30 let)
9. období zralosti		(30–45 let)
10. střední věk		(45–60 let)
11. stáří		(60–75 let)
12. vysoké stáří		(nad 70 let)
13. věk kmetický		(nad 90 let)

Již mnoho odborníků se pokoušelo o vymezení hranic lidského věku, žádná charakteristika ale nemůže být nikdy úplně přesná, protože nic takového neexistuje. Každý člověk je jedinečný a má své specifické tempo vývoje. Jednotlivá období jsou výsledkem přirozeného vývoje v období předcházejícím. Také intersexuální a etnické rozdíly zde hrají roli a v neposlední řadě mají význam genetické faktory jedince, hormony a vlivy zevního prostředí (např. klimatické, geografické, ekonomické, sociální, výživa, pohybová aktivita atd.). Vývojová období jsou tak orientační záležitosti, stanovená na základě konvence (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

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

**Obrázek 2.** Rozdělení lidského věku (dle Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006)

Podle Riegerové et al. (2006) je období staršího školního věku charakterizováno věkem 11–15 let, přičemž se dále dělí na období prepubescence, charakterizované bouřlivým rozvojem a vrcholem ve 13 letech a období puberty, které končí kolem 15 let. Celé období je charakteristické nerovnoměrným vývojem tělesným, psychickým i sociálním a tvoří přechod mezi dětstvím a dospělostí. Všechny změny v tomto období jsou individuální a hlavními činiteli jsou endokrinní žlázy se svými hormony.

V tomto období je vývoj silně ovlivněn probíhající pubertou, u chlapců začíná teprve prepuberta (Machová, 2005).

Období přechodu mezi dětstvím a dospělostí bývá tradičně označováno jako léta „bouří a stresů“. Na jedince jsou kladeny požadavky dospělé společnosti (podřízení se normám chování, nezávislost na rodičích, vytváření heterosexuálních vztahů, přizpůsobení se vrstevníkům aj.) střetávající se s vlivy biologickými a psychologickými, které způsobují rozkolísanost a konfliktnost. Dochází k výrazným změnám ve fyzickém i psychickém vývoji, označovaným jako věk druhé strukturální přeměny, tedy věk, kdy dochází ke změnám v proporcích těla i struktuře psychiky. Typická je rozdílná akcelerace vývoje. Hranice jednotlivých nastupujících fází fyziologických i psychických změn je velmi individuální a dospívání i rychlost s jakou probíhá, jsou velice proměnlivé. Sekulárním trendem označujeme u dětí zrychlený růst, dřívější nástup fyzických změn a nárůst hmotnosti i výšky v posledním století (Čížková et al., 1999).

**Tabulka 2** Průměrná tělesná výška a hmotnost v 10 až 15 letech (upraveno dle Machová, 2005)

Věk (roky)	Výška (cm)		Hmotnost (kg)	
	chlapci	dívky	chlapci	dívky
10	140,9	141,0	34,2	33,9
11	146,0	147,0	38,0	38,0
12	151,7	153,4	42,2	43,1
13	158,2	159,0	47,4	48,5
14	165,6	163,0	53,8	52,6
15	172,1	162,3	59,9	55,3

V tabulce 2 vidíme hodnoty tělesné výšky a hmotnosti pro věk 10–15 let.

## ***Tělesný vývoj***

Dosud není uspokojivě zodpovězena otázka, co je spouštěčem puberty. Předpokládá se komplexní interakce extrahypotalamických center mozku, hypotalamu, předního laloku hypofýzy a periferních orgánů produkujících pohlavní hormony – gonád a nadledvin (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Perič (2008) popisuje období staršího školního věku jako období rychlého a nerovnoměrného růstu, kdy rychleji rostou končetiny než trup a ve kterém se nejvíce mění vývoj tělesné výšky a hmotnosti. Intenzivnější než růst do šířky je růst do výšky. V tomto období je důležité dbát na správné držení těla, jelikož je člověk díky rychlosti rozvoje tělesné schránky náchylnější k různým poruchám hybného ústrojí.

U dívek nastupuje v tomto období zrychlení růstu dříve než u chlapců, jsou tedy po určitý čas vyšší než chlapci. Díky zrychlenému růstu chlapců je dosaženo nakonec předstižení ve hmotnosti i výšce. Změny ve stavbě organismu probíhají individuálním tempem, obecně se ale růstové zrychlení popisuje v tomto pořadí: dolní končetiny, horní končetiny, šířka hrudníku, šířka pánve, šířka ramen, délka trupu a nakonec předozadní rozměry trupu (Hajn, 2001; Riegerová & Ulbrichová, 1998).

V somatickém vývoji nastupují výrazné změny v proporcích těla, začíná období vytáhlosti, které je charakteristické intenzivním růstem končetin i trupu (chlapci vyrostou až o 22 cm). (...) Akcelerace fyzického vývoje je rychlejší a není v souladu s vývojem psychickým. (Čížková et al., 1999, 102).

## ***Motorický vývoj***

V tomto období se v hrubé motorice objevuje přechodná neobratnost, pohyby jsou nekoordinované a to obzvláště u chlapců, proto nejsou výjimečné problémy v tělesné výchově a učitelovi znalosti vzniklých vývojových zvláštností by pak měli ovlivnit hodnocení. Jemná motorika je provázána křečovitostí (Čížková et al., 1999).



Čelikovský (1979) popisuje období pubescence jako nejbouřlivější fázi přeměny dítěte z hlediska vývoje motoriky. V pohybu se projevuje disproporcionalita vývoje (nerozvinutý trup, končetiny dlouhé a slabé), čímž dochází ke zhoršení koordinace pohybu. Přesnost a plynulost pohybů se zhoršuje a snižuje si i hospodárnost pohybu. Pubescenti disponují vyšší úrovní učenlivosti než v předchozím období. Typickým znakem je motorická neklidnost, provádění nemotivované tělesné činnosti. Negativní jevy vývoje však vrcholí u děvčat zhruba ve třinácti letech, u chlapců o něco později, avšak ve zmenšené míře se projevují u dětí provozujících pravidelnou pohybovou aktivitu nebo věnujících se tréninkovému procesu. Konec tohoto období je typický specifickými projevy mužské a ženské motoriky.

Negativní jevy ve vývoji motoriky popisuje Hájek (2001) jako naraušení dynamiky a snížení ekonomičnosti pohybů. Pohyby švihové jsou prováděny nadměrným svalovým úsilím, křečovitě, jiné naopak bez náležitého vynaložení síly. Výkonnostní rozdíl mezi chlapci a děvčaty se začíná projevovat po překonání puberty.

V obratnostních schopnostech se projevuje pokles koordinační výkonnosti a to ve všech jejích složkách.

Dochází k rozvoji silových schopností na základě růstu těla. Výrazný je nárůst svalové síly především u chlapců.

V souvislosti s rozvojem svalové síly dochází rovněž k rozvoji rychlostních schopností.

Schopnosti vytrvalostní jsou závislé na funkčních možnostech každého jedince. Organismus je připraven k jejich rozvoji, především aerobního typu. U dívek dochází ke stagnaci či poklesu nárůstu výkonnosti, zatímco u chlapců tendence nárůstu výkonnosti přirozeně pokračuje.

Pro oblast motorických dovedností je toto období bipolární. Na jedné straně se projevují negativní jevy především v oblasti koordinačních schopností, což poukazuje na nevhodnost k učení se složitým dovednostem. Na straně druhé rozvíjející racionální chápání podporuje učení se novým dovednostem.

## ***Psychický vývoj***

V tomto období podle Čížkové et al. (1999, 102) „dochází k diskrepanci (rozdílu) mezi somatickým a psychickým vývojem v tom smyslu, že somatický vývoj předstihuje vývoj psychický. Tato rozdílná vývojová akcelerace fyzického a psychického s sebou přináší přechodné projevy typické pro prepubertu“.

Logická paměť se stává významnější než paměť mechanická. Analytické a syntetické schopnosti, schopnost abstrakce a logického uvažování jsou již natolik vyspělé, že se myšlení v podstatě již neliší od myšlení dospělých. Velmi vyspělé rozumové schopnosti jsou však ovládány nevyrovnanou osobností, která prochází pubertálním vývojem (Machová, 2005, 220).

V tomto období se projevuje vývojová rozkolísanost, vzrůstá význam fantazie, rozvíjí se abstrakce, počíná postupný přechod od konkrétních operací k operacím formálním, schopnost usuzovat hypoteticko-deduktivně a vyvozovat logické závěry. Dále se rozvíjí logická paměť, objevuje se samostatnost v myšlení, postřehnutí rozporů mezi verbálním projevem a uskutečňovanou aktivitou dospělých. Rozdíl se projevují rovněž mezi pohlavími. Chlapci bývají zdatnější při řešení početních a prostorových problémů, dívky jsou více orientovány na jazykové vzdělání a prokazují lepší výkony ve verbálních projevech (Čížková et al., 1999)

Po období klidu a rovnováhy mladšího školního věku přichází údobí, jež je charakteristické neklidností, rozporuplností, přecitlivělostí, labilitou nálad a impulsivností. Záporné emoce překonává pubescent často hněvem, vzpurností, odmítáním a projevy nesouhlasu, a proto je toto období také nazýváno obdobím druhého vzdoru (Machová, 2005).

Vágnerová (2000) uvádí, že subjektivně roste význam zevnějšku, projevující se zaměřením na vlastní tělo, oblečení a celkovou úpravu. Popisuje kolísavost nálad a větší tendence k přecitlivělým reakcím na běžné podněty, zvýšení uzavřenosti a neprojevování citů navenek, potřebu seberealizace a větší kritičnosti.

Emoční instabilitou, častými a nápadnými změnami nálad, impulzivitou jednání, nestálostí a nepředvídatelností reakcí a postojů, obtížnou koncentrací pozornosti, zvýšenou unavitelností a střídáním ochablosti s krátkými fázemi aktivity zase charakterizují toto období Langmaier a Krejčířová (2006).

### **Sociální vývoj**

Začlenění do kolektivu třídy, mimoškolních organizací a zájmové činnosti ovlivňují sociální vývoj. Nedostatek zájmů a nuda jsou hlavními negativními znaky. Již od mladšího školního věku jsou charakteristické oddělené chlapecké a dívčí skupiny, jejichž diferenciací přetrvává i v tomto období. Kolektiv seznamuje dítě s konkurencí, nutností podřízení se pravidlům, vyvíjení iniciativy, dělbě práce a navazování přátelství (Machová, 2005).

Změny v organismu mohou vést k pocitům odlišnosti, všímání si více sama sebe, uzavírání a vyhýbání se sociálním kontaktům. V některých případech se může objevit i agresivní chování. U dětí se prohlubuje citová sféra a jsou vnímavější, uzavírají přátelství, vytvářejí si vztahy k opačnému pohlaví, napodobují a obdivují vzory, které však mohou být i záporné, což zvyšuje nebezpečí sociálně negativních jevů (Čížková et al., 1999).

## 2.3 Základní kinantropologické pojmy

### 2.3.1 Kinantropologie

Základ samotného názvu Kinantropologie nacházíme v řečtině (kinein – pohybovat se, anthropos – člověk, logos – věda. Podle překladu pak chápeme kinantropologii jako vědní obor zabývající se studiem cílevědomé pohybové činnosti člověka v celé šíři a rozsahu a jejím vlivem na jeho tělesný, motorický, psychický a sociální rozvoj (Komeščík, 2006).

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) uvádí, že kinantropologie, jako samostatný vědní obor, vznikla kvůli složitosti studia lidského pohybu.

Hebbelinck a Ross (1974) uvádějí součásti kinantropologie: anatomie, kinantropometrie, biomechanika, fyziologie, pedagogika a psychologie, sociologie a kulturní vědy.

Kinantropometrie jako součást kinantropologie je, jak uvádí Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006, 7), „oblast studia lidského pohybu vztahující se k rozměrům, tvaru, proporcím, složení těla, ale i některým funkčním parametrům, s ohledem na růstové zákonitosti, tempo dospívání, pohybovou aktivitu, výkonnost a výživu.“

### 2.3.2 Antropologie

„Antropologie spolu se zoologií a botanikou patří k trojici základních biologických oborů“ (Hajn, 2003, 9).

Termín antropologie má řecký původ a označuje „vědu o člověku“ (anthropos – člověk, logos – věda). První použití tohoto termínu je připisováno Aristotelovi (384–322 př. n. l.), který jej použil především pro označení zkoumání duchovních vlastností člověka. Pro označení fyzických vlastností člověka použil tento termín jako první zřejmě Magnus Hundt (1501), dále G. Capellg (1533) a Kasmann (1594). Tak se v západoevropské literatuře již

poměrně brzy zakořenilo dvojí pojmání antropologie – jako vědy o lidském těle a jako vědy o duševních vlastnostech. V průběhu 19. století, a v anglosaské literatuře dosud, je antropologie chápána jako věda, která se zabývá především fyzickou organizací člověka, jeho kulturou, způsobem života a jeho projevy jak v minulosti, tak v současnosti (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 6).

„Antropologie (z řeckého anthrópos člověk) je věda zabývající se člověkem, lidskými společnostmi, kulturami a lidstvem vůbec. Patří mezi vědy holistické – snaží se vytvořit celkový obraz člověka, zabývá se všemi lidmi ve všech dobách a zároveň také všemi rozměry lidství“ (podle <http://cs.wikipedia.org/wiki/Antropologie>).

Současnou antropologii je možné vymezit jako holistickou, interdisciplinární a komparativní vědu, která se zabývá studiem biologické a kulturní variability lidských populací v čase a prostoru. Charakteristickým rysem současné antropologie je programová snaha antropologů využívat stále širšího spektra poznatků různých přírodních a společenských věd. Biologické a kulturní antropology v tomto úsilí o integraci různých vědních disciplín spojuje společný předmět jejich výzkumu – člověk (Soukup, 2011, 54).

Funkční antropologie je relativně mladým oborem fyzické antropologie. Její náplň lze odvodit z prací J. E. Purkyně, který již v roce 1828 ve své úvodní přednášce na univerzitě ve Vratislavi, uvedené pod názvem „Antropologie jako vstupní nauka veškeré fyziologie“, položil mimořádný důraz na spojení morfologie a funkce organismu. Současná funkční antropologie je v tomto smyslu zaměřena na studium vztahů mezi morfologickou a funkční variabilitou člověka. (...) Rozvoji tělesné zdatnosti a výkonnosti člověka se v moderní medicíně věnuje tělovýchovné lékařství. Při tvorbě nové koncepce tělovýchovného lékařství byla na konci 60. let jako trvalá součást tohoto oboru zařazena i sportovní antropologie (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 6–7).

„Význam funkční antropologie vyplývá i z nutnosti sledovat vliv tréninkového zatížení na dětský organismus. Téměř každý sport pěstovaný na špičkové úrovni zanechává na organismu, i dospělého člověka, změny vyvolané nerovnoměrným zatížením jednotlivých svalových skupin, někdy dokonce i poruchy orgánové“ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 8).

Metodický rozvoj určuje přesnost a úspěšnost funkční antropologie. Jsou zde uplatňovány klasické standardizované metody. Na ně navazují somatometrické metody speciální a metody pro odhad tělesného složení. Mezi metody pro odhad tělesného složení se řadí antropometrické metody založené na fyzikálních i chemických vlastnostech jednotlivých komponent tělesného složení.

Jako součást oboru sportovního lékařství popisují Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) sportovní antropologii, která se věnuje rozvoji tělesné zdatnosti a výkonnosti člověka, zabývá se výzkumem morfologických a funkčních podmínek lidské motoriky a vlivem morfologických parametrů na sportovní výkon.

## 2.4 Tělesné složení

U každého člověka je složení těla jedinečné. Liší se dle Pařízkové (1973) pohlavím od nejútlejšího věku a podléhá změnám v průběhu celého života nejen v závislosti na stupni vývoje či stárnutí, ale především podle kalorické rovnováhy a úrovně i rychlosti obratu energie v organismu za jednotku času. Toto je určováno hlavně výživou a pohybovou aktivitou (tj. svalovou prací).

Marček (2007) přisuzuje tělesnému složení status nejdůležitějšího ukazatele vývojového stupně v průběhu ontogeneze, úrovně zdraví, tělesné zdatnosti a výkonnosti.

Pohybová aktivita, výživa a genetické dispozice jsou podle Kutáče (2009) základními vlivy působící na tělesné složení. Některé komponenty tělesného složení je možné ovlivňovat pomocí změn životního stylu.

Studie týkající se tělesného složení se v současné době zaměřují na změny podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích ontogeneze, především v období růstu a stárnutí, změny v důsledku působení tělesné zátěže a sportovního tréninku, změny tělesného složení u různých metabolických onemocnění, klinických syndromů, tělesně postižených klientů nebo klientů s různými psychickými onemocněními (....)

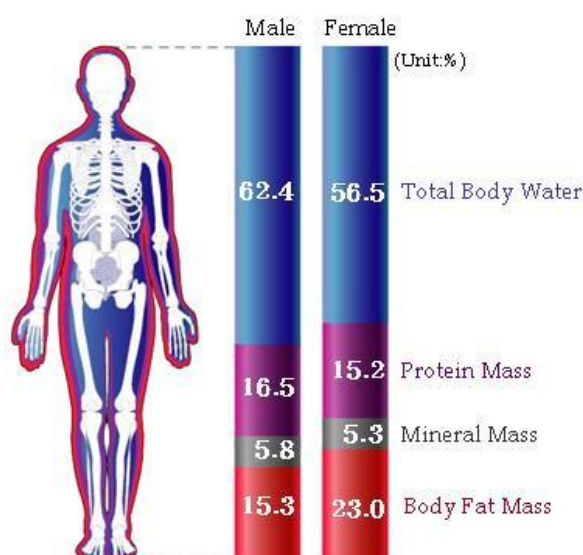
Pravidelné sledování tělesného složení může být využito k monitorování efektivity pohybového zatížení, ke sledování vhodně či nevhodně zvolených tělesných cvičení při snaze o úpravu tělesné hmotnosti. Informaci o proporcionalitě lidského těla, konstituci a tělesném složení považujeme za jednu z důležitých komponent zdravotně orientované zdatnosti. Stavba těla, tělesné složení a tělesné rozměry jsou podstatnými faktory motorické výkonnosti a fyzické zdatnosti (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 24).

Srovnáme-li dva jedince stejné tělesné výšky a hmotnosti, můžeme často již pouhým pohledem zjistit, že navzdory shodě v těchto vlastnostech se jejich tělesné složení výrazně odlišuje. Kvantitativní kritéria jako tělesná výška, hmotnost nebo různé indexy podstatu tohoto rozdílu nedokážou postihnout,

podávají totiž pouze orientační informaci o tělesné konstituci. Pro podrobnější analýzu hmotnosti musíme provést frakcionaci na jednotlivé komponenty (Pařízková, 1961).

Hmotnost těla lze chápat ze dvou aspektů: jako podíl jednotlivých tkání na celkové hmotnosti těla, tzv. tělesné složení, nebo jako hodnocení hmotnosti jednotlivých segmentů těla jako článků kinematického řetězce, kde hmotnost jednotlivých tělesných segmentů podmiňuje podíl složky svalové, tukové, případně kostní (Riegerové, Přidalové a Ulbrichová, 2006).

Fetter (1967) uvádí, že s myšlenkou frakcionace tělesné hmotnosti přišel jako první český antropolog Matiegka již v roce 1921.



**Obrázek 3.** Model složení lidského těla metodou BIA (dle <http://www.inbody.cz/soubory/lookin-body/prezentace-lidske-telo.pdf>, 12. 3. 2013)

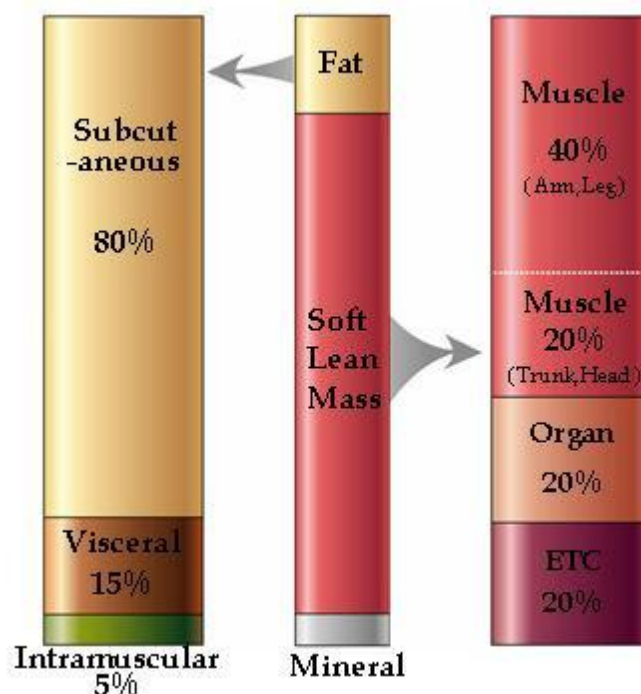
Na obrázku 3 vidíme nejdůležitější složky lidského těla. Z pohledu bioelektrické impedance se tělo skládá z vody, minerálních látek, proteinů a tělesného tuku. Zastoupení těchto složek je rozdílné u žen, mužů a v jednotlivých fázích ontogeneze, přičemž jejich podíl je téměř konstantní. U mužů je procento vody zpravidla vyšší a množství tuku nižší než u žen (Anonymous. Složení těla - poměr. Retrieved 17. 3. 2010 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/slozeni-tela-pomer.php>, 12. 1. 2013).



**Tabulka 3.** Optimální složení těla dle metody BIA u zdravých dospělých jedinců v procentech (podle <http://www.inbody.cz/slozeni-tela-pomer.php>, 15. 2. 2013)

Základní složky (%)	Muži	Ženy
Voda	62,4	56,5
Minerální látky	5,8	5,3
Proteiny	16,5	15,2
Tělesný tuk	15,3	23,0
Celkem	100,0	100,0

Podle InBody 720 se tělesná kompozice dělí především na tělesný tuk a tukuprostou hmotu. Tělesný tuk je tvořen tukem podkožním, útrobním a nitrosvalovým v poměru 80 : 15 : 5. Minerály a svaly, z nichž přibližně 40 % je umístěno na končetinách, jsou hlavními složkami tukuprosté hmoty. Rozložení tuku a měkké štíhlé hmoty, která se skládá ze svalů, orgánů a extracelulární tekutiny, v lidském těle vidíme na obrázku 4.



**Obrázek 4.** Tělesná kompozice dle BIA (podle <http://www.inbody.cz/soubory/lookin-body/prezentace-lidske-telo.pdf>, 17. 12. 2012)

V dnešní době je velice důležité sledování tělesného složení a udržování jeho optimální skladby z důvodu udržování optimálního zdraví jedince. U sportovců to platí dvojnásobně. Obézní lidé bývají více náchylní na onemocnění, jako je např. vysoký krevní tlak, cukrovka, kardiovaskulární onemocnění a rakovina. Léčba těchto nemocí je tedy pozitivně ovlivňována snížením obezity. Rovněž u dětí má, podle nejnovějších medicínských výzkumů, sledování somatického stavu velký význam. Především je důležité hlídat u dětí v období růstu podíl tuku v těle a starat se o to, aby se nerozvíjel větší měrou, než je zdravotně tolerovatelné (Anonymous. Weshalb sollte man Körperfett messen? Retrieved 17. 3. 2013 from the World Wide Web: <http://www.tanita.eu/de/gewichtsreduktion/weshalb-sollte-man-koerperfett-messen.html>).

Körpergesamtmasse celková tělesná hmota			
fettfreie Körpermasse tukuprostá hmota			Körperfett tělesný tuk
Körperzellmasse nitrobuněčná hmota		extrazelluläre Masse mimobuněčná hmota	Körperfett tělesný tuk
Kno- chen- masse kostní hmota	Protein bílkoviny	Körperwasser tělesná voda	Körperfett tělesný tuk

**Obrázek 5.** Tělesné složení (upraveno dle [http://www.gmon.info/man\\_de/k.rperwerteallgemein.htm](http://www.gmon.info/man_de/k.rperwerteallgemein.htm))

Na obrázku 5 vidíme rozdělení celkové tělesné hmoty do několika kompartmentů. Jde o tělesný tuk a tukuprostou hmotu. Tukuprostá hmota je v modelu dále členěna na nitrobuněčnou a mezibuněčnou hmotu. Ty jsou dále tvořeny tělesnou vodou, bílkovinami a kostní hmotou. Jako metabolicky neaktivnější se jeví nitrobuněčná hmota a nitrobuněčná tekutina, proto jsou důležité z pohledu aerobní zdatnosti.

Stav populace v České republice je podle Zemana (2005) velice vážný. Více než 50 % dospělých má nadváhu a obezitou trpí dokonce i 5,6 % dospívajících ve věku 15–24 let.

Česká republika patří z evropské perspektivy společně s Itálií, Polskem, Portugalskem, Španělskem a Rumunskem ke státům s nejvyšší prevalencí nadváhy a obezity (Berghöfer et al., 2008).

V minulosti byly ke sledování působení tréninkového zatížení v dětství využívány především tělesná výška a hmotnost, BMI, procento tělesného tuku a tukuprostá hmota. Díky rozvoji nových metod (např. bioimpedance) můžeme dnes sledovat další parametry tělesného složení, mezi které patří celková tělesná tekutina a její rozložení na extra- a intracelulární složky, celková a extracelulární buněčná hmota a další (Skorocká, 2005).

**Tabulka 4.** Popisné charakteristiky chlapců běžné populace (upraveno dle Demuth et al., 2011)

Charakteristika	2006, n = 235		2008, n = 243	
	M	SD	M	SD
Tělesná hmotnost (kg)	58,66	9,17	56,22	8,87
BFM (%)	21,63	5,97	20,23	5,94
LBM (%)	78,37	5,97	79,77	5,94
TBW (%)	57,66	5,20	58,71	5,19

Demuth et al. (2011) uvádí ve své studii výsledky zkoumání porovnání tělesného složení 735 mladých atletů z Polska ve věku 15–18 let v průběhu 2 měření v letech 2006 a 2008 se skupinou běžné populace v tomto věku. Průměrná hmotnost běžné populace v tomto věkovém období se v roce 2008 snížila na 56,22 kg z původních 58,66 kg v roce 2006. Průměrná hodnota TBW, jejíž hodnota byla u běžné populace v roce 2006 57,66 % stoupla na 58,71 % při měření v roce 2008. Relativní podíl tuku byl v roce 2006 naměřen 21,63 % a v roce 2008 20,23 %. Aktivní (štíhlá) tělesná hmota (LBM), tedy hmotnost bez tukové složky se zvýšila z hodnoty 78,37 % v roce 2006 na hodnotu 79,77 % (Tabulka 4).

**Tabulka 5.** Popisné charakteristiky chlapců atletů (upraveno dle Demuth et al., 2011)

Charakteristika	2006, n = 366		2008, n = 369	
	M	SD	M	SD
Tělesná hmotnost (kg)	68,62	11,36	68,72	9,48
BFM (%)	12,53	4,97	10,01	5,30
LBM (%)	87,47	4,97	89,99	5,30
TBW (%)	65,32	4,36	66,36	4,19

Zkoumaná skupina atletů, což jsou jedinci s vysokým stupněm pohybové aktivity, vykazuje poněkud rozdílné hodnoty oproti běžné populaci (Tabulka 5). Tělesná hmotnost 68,62 kg z roku 2006 se zvýšila pouze nepatrně na 68,72 kg v roce 2008, přičemž v obou letech je hmotnost této skupiny vyšší než u běžné populace. Rovněž hodnota TBW je u zkoumaných atletů vyšší než u běžné populace a její hodnota 66,36 % v roce 2008 je vyšší než hodnota 65,32 % v roce 2006. Relativní podíl tělesného tuku v roce 2006 ukazuje hodnotu 12,53 %, zatímco v roce 2008 je hodnota nižší, a sice 10,01 %. LBM (aktivní tělesná hmota) se oproti tukové hmotě zvýšila z hodnoty 87,47 % v roce 2006 na hodnotu 89,99 % v roce 2006 (Demuth et al., 2011).

Výsledky mnoha studií ukazují, že sportovci různých sportovních odvětví se odlišují v somatických parametrech, jelikož pro každou sportovní disciplínu jsou vhodné jiné somatické parametry (Dostálová & Přidalová, 2005; Dostálová, Přidalová & Kudrna, 2005; Jallo et al., 2005; Ozackar et al., 2003).

**BMI (body mass index)**, neboli index tělesné hmotnosti je v současnosti asi nejvyužívanější index pro klasifikaci tělesné hmotnosti a stanovení velikosti relativního rizika poškození zdraví. BMI je definován jako podíl tělesné hmotnosti jedince (kg) k druhé mocnině jeho tělesné výšky ( $m^2$ ) (Gába et al., 2011).

Světová zdravotnická organizace (2007) udává jako zdravotně bezpečné pásmo rozmezí od 18,5  $kg/m^2$  po 24,9  $kg/m^2$ .

Koeficient tělesné plnosti BMI je použit pro potřeby popisu sledovaných osob v řadě epidemiologických studií a jeho použití u dospělých jedinců není zpochybňováno (Malina & Bouchard, 1991; Roche et al., 1996). U dětí jsou však k jeho použití často výhrady, vyplývající z jeho omezené interpretace a problému

spojených s určením dosaženého stupně rovoje sledovaného jedince – biologického věku. V terénních podmínkách je ale relativně účinným prostředkem k rámcovému posouzení tělesného složení (Bunc et al., 2007).

Použití BMI bez odhadu množství tukové frakce, resp. BFMI, neboli body fat mass index, však může být značně zavádějící. Výzkumy prokázaly, že 75 % podvyživených pacientů podle BMI má zastoupení tuku v normě. V kategorii normální hmotnosti dle BMI bylo 30 % osob s vyšším BFMI. V kategorii nadváhy pouze 6,7 % mělo normální zastoupení tuku a u 40 % byl zaznamenán výrazně vyšší podíl tukové frakce. Podíl tuku odpovídal kategorizaci BMI u obézních jedinců (Colombo et al., 2008; Kyle, Morabia, Schulz, & Pichard, 2004; Kociánová, 2011).

Pro posouzení přiměřenosti tělesné hmotnosti vzhledem k tělesné výšce je využíván kromě body mass indexu (BMI) také fat-free mass index (FFMI), který u sportujících jedinců zohledňuje vyšší muskulaturu, hodnotí tukuprostou hmotu ve vztahu k tělesné výšce, a body fat mass index (BFMI) (Hattori, Tatsumi, & Tanaka, 1997).

Součet BFMI a FFMI odpovídá hodnotě BMI.

**Tabulka 6.** Somatické parametry a hodnoty indexů 24 hráčů ledního hokeje (upraveno dle Kutáče, 2012)

<b>Parametr</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
věk	14,57	0,49
T. výška (cm)	178,22	5,63
T. hmotnost (kg)	69,54	6,83
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	3,42	0,64
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	18,46	1,22
FM (%)	15,53	1,79
FM (kg)	10,88	2,07
FFM (%)	84,46	1,79
FFM (kg)	58,66	5,11
TBW (%)	61,83	1,28
TBW (kg)	42,95	3,75

Kutáč (2012) popisuje ve své studii výsledky šetření tělesného složení 75 hráčů ledního hokeje z České republiky ve věku 14–19 let, hrajících nejvyšší soutěž ve své věkové kategorii. Vzhledem k věkovému rozmezí zkoumaného

souboru v této práci jsem vybral skupinu ve věku 14 let, jejíž výsledky jsou prezentovány v tabulce 6.

**Tabulka 7.** Somatické charakteristiky zdravých korejských dětí ve věku 11–13 let (upraveno dle Lim et al., 2009)

Parametr	n=10			n=10	
	M	SD		M	SD
věk	11,10	1,50		12,90	1,10
T. výška (cm)	142,90	6,60		158,70	8,60
T. hmotnost (kg)	36,80	6,00		53,20	10,00
FM (%)	19,70	9,50		22,10	8,90
FM (kg)	7,10	4,90		12,10	6,00
FFM (kg)	29,10	2,50		41,10	6,70
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18,60	1,90		21,40	3,20

V tabulce 7 vidíme parametry tělesného složení, které byly naměřeny v roce 2009 u zdravých korejských dětí ve věku 11–13 let. S narůstajícím věkem rovněž pozorujeme nárůst všech hodnot sledovaných parametrů, což dokazuje pozitivní tendenci v průběhu ontogenetického vývoje v rámci staršího školního věku.

**Tabulka 8.** Tělesné charakteristiky 18-ti španělských chlapců hrajících fotbal na různé úrovni ve věku 14 let (upraveno dle Ruiz et al., 2005)

Parametr	M	SD
věk	14,00	0,05
T. výška (cm)	171,00	0,02
T. hmotnost (kg)	69,54	6,83
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21,20	2,20
FM (%)	11,40	0,50
SMM (%)	45,90	0,40

Hodnoty vybraných parametrů tělesného složení, které byly získány v roce 2005 u španělských mladých fotbalistů, ukazuje tabulka 8. Při porovnání s tabulkou 6 (Kutáč, 2012), která zobrazuje výsledky šetření u mírně starších hokejistů, pozorujeme u fotbalistů nižší tělesnou výšku a relativní zastoupení tělesného tuku při stejné hmotnosti obou skupin.

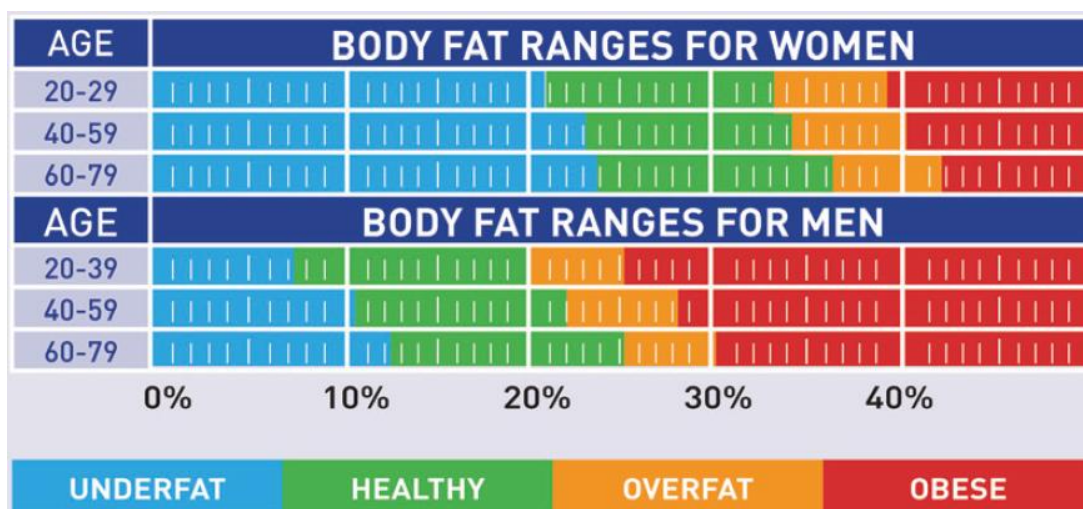
## 2.4.1 Tuk

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006, 50) uvádějí, že „nejvariabilnější komponentou hmotnosti těla je tuk, který je hlavním faktorem inter- i intraindividuální variability tělesného složení v průběhu celého vývoje. Je snadno ovlivnitelný výživovými aspekty a pohybovou aktivitou, je však významným faktorem vzniku a průběhu řady onemocnění“.

**Tabulka 9.** Standardy podílu tuku (FM, fat mass) v % pro muže a ženy (upraveno 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 9 nám poskytuje informaci o relativním podílu tuku v těle v jednotlivých obdobích lidského života.



**Obrázek 6.** Hodnoty tělesného tuku u dospělých (převzato z [http://www.tanita.eu/fileadmin/user\\_upload/Afbeeldingen/Brochures/body\\_fat\\_ranges\\_Layout\\_1.pdf](http://www.tanita.eu/fileadmin/user_upload/Afbeeldingen/Brochures/body_fat_ranges_Layout_1.pdf))

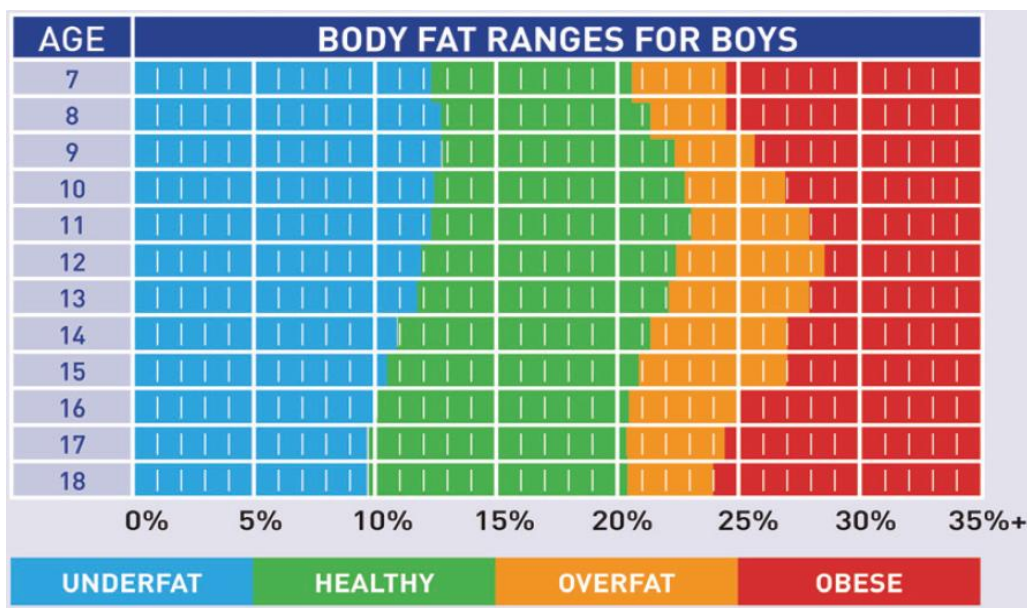
Hodnoty z obrázku 6 můžeme porovnat s tabulkou číslo 5 a vidíme, že výsledky od různých autorů a z různých výzkumů a studií spolu do jisté míry korelují, a i díky tomu pro nás mohou být určitým způsobem směrodatné. Náš výzkum se ale zabývá jedinci ve starším školním věku.

**Tabulka 10.** Podíl tělesného tuku v % u dětí a dospívajících (upraveno dle [http://www.gmon.info/man\\_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereich\\_e2.htm](http://www.gmon.info/man_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereich_e2.htm))

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

V tabulce 10 můžeme vidět jednotlivá pásma zastoupení tělesného tuku u dětí a dospívajících. Optimální hodnoty podílu tělesného tuku zde mají nejprve tendenci se mírně zvyšovat přibližně do 12 let a následně opět mírně klesat.





**Obrázek 7.** Hodnoty tělesného tuku v těle u chlapců (převzato z [http://www.tanita.eu/fileadmin/user\\_upload/Afbeeldingen/Brochures/body\\_fat\\_ranges\\_Layout\\_1.pdf](http://www.tanita.eu/fileadmin/user_upload/Afbeeldingen/Brochures/body_fat_ranges_Layout_1.pdf))

Obrázek 7 znázorňuje měnící se zastoupení tělesného tuku v procentech v průběhu ontogeneze u chlapců ve věku od 7 do 18 let. Hodnoty z této tabulky jsou pro nás důležitá z hlediska porovnání s naším souborem. Zeleně zabarvená oblast značí zdravotně bezpečné pásmo. To se pohybuje od 10 do 22 %, přičemž zvýšené zastoupení tukové složky je v období 9–12 let. V porovnání s předcházející tabulkou číslo 10 můžeme rovněž konstatovat vysokou míru korelace těchto na sobě nezávislých zdrojů, a proto je považují za objektivní a kvalitní data vhodná pro porovnání s naším souborem.

Velké množství podkožního tuku má negativní vliv na výkon v naprosté většině sportů, neboť snižuje pohyblivost i relativní sílu, zhoršuje ekonomiku pohybu a v některých sportech (lyžování, cyklistika, rychlobruslení) ovlivňuje i odpor prostředí při pohybu zvětšením objemu těla. Větší množství tuku je naopak vhodné např. u dálkových plavců, kde podporuje vztlak a vytváří tepelnou izolaci vůči působení chladu. Vrhačům pomáhá udržet stabilitu při odhodu a na některých pozicích při kontaktních sportech (americký fotbal, ragby apod.) může vytvářet ochranou „podušku“ proti tvrdým nárazům.

V ultravytrvalostních sportech slouží vysoký podíl tuku jako dlouhodobý zdroj energie (Cacek & Grasgruber, 2008, 176).

Trojan a kolektiv (1993) popisuje tuky jako látky nerozpustné ve vodě, které se skládají se z glycerolu a mastných kyselin. Dále uvádí, že u člověka je uložení podkožního tuku výrazně sex-dependentní. U člověka dochází během ontogeneze ke značným změnám v množství tuku. Příčinou je zmnožení a zároveň zvětšování tukových buněk. Na zvyšování tělesného tuku se podílí také aktivita tukové tkáně. Ta s věkem klesá a oproti novorozencům je několikanásobně nižší (Pařízková, 1973).

**Tabulka 11.** Průměrné hodnoty tělesného tuku u chlapců v % naměřené metodou BIA (upraveno dle Bunce, 2006)

věk (roky)	n	% BF
11	88	19,5 ± 3,0
12	84	18,2 ± 3,1
13	86	17,9 ± 2,9

V tabulce 11 vidíme průměrné hodnoty tělesného tuk vybraných věkových kategorií zaznamenané v Buncově studii (2006) u 756 českých chlapců ve věku 6–14 let.

Přidalová a Riegerová (2002) dělí tukovou tkáň na bílou a hnědou. Bílou tkáň tvoří velké kapénky tuku, jejichž buňky jsou uspořádané do lalůčků. Říká se mu také tuk stavební, protože na některých částech těla nemizí, má především funkci mechanickou a je charakteristický rychlou a trvalou látkovou výměnou. Hnědou tukovou tkáň naopak tvoří velké kapénky, je málo inervována a reaguje pomaleji na změny příjmu potravy než tkáň bílá. Nachází se především v hlubších oblastech a má termoregulační funkci.

Dvoukomponentový model dělí tělo na tukovou a tukuprostou složku. Tuk je tvořen dvěma složkami: tukem esenciálním, který se nachází v kostní dřeni, srdci, plicích, játrech, slezině, ledvinách, střevech, svalech, nervovém systému a je nezbytný pro tělesné funkce a tukem zásobním, který uložený v tukové tkáni,

okolo vnitřních orgánů a pod kůží a poskytuje tělu ochranu. U žen nacházíme vyšší množství tuku esenciálního. V průběhu života se vztah mezi tukem vnitřním a podkožním individuálně liší a kolísá. Malé množství esenciálních tuků obsahuje i aktivní tělesná hmota, která představuje hmotnost svalů, kostí, vazů, šlach a vnitřních orgánů, a liší se tak od hmoty tukuprosté (Kravitz & Heyward, 1992).

S věkem se mění distribuce tělesného tuku, dochází k ukládání tuků ve zvýšené míře na trupu než na končetinách. U žen je to především oblast pasu a paží u mužů oblast zad, hrudníku a břicha (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Procento tělesného tuku jak u děvčat, tak i u chlapců s rostoucím věkem klesá u obou pohlaví do věku cca 12 let. Po té u děvčat začíná narůstat a u chlapců stagnuje. Tento pokles procenta tělesného tuku s rostoucím věkem u dětí před pubertou, je dokumentován jak v našem tak i světovém písemnictví (např. Malina & Bouchard, 1991; Roche et al., 1996). Objevuje se zde však nový fenomén, stagnace nebo dokonce nárůst tělesného tuku v období puberty u chlapců. Příčinou může být nedostatek pohybového zatížení v tomto věku a nevhodné stravovací návyky, mezi které patří především konzumace vysokoenergetických nápojů (Bunc et al., 2007).

Body fat mass index (BFMI) = index tukové hmoty je podle Hatorri et al. (1997) vyjádřen jako podíl hmotnosti tukové frakce (kg) k druhé mocnině tělesné výšky (m<sup>2</sup>) jedince. Kyle et al. (2004) a Bahadori et al. (2006) uvádí jako normové hodnoty BFMI pro muže 1,5–5,2 kg/m<sup>2</sup>.

**Tabulka 12.** PBF a BFMI dospělých mužů se sedavým a aktivním způsobem života (upraveno dle Kyle et al., 2004)

věk (roky)	Body fat		Body fat mass index	
	pasivní (%)	aktivní (%)	pasivní (kg/m <sup>2</sup> )	aktivní (kg/m <sup>2</sup> )
18–24	16,4 ± 4,6	15,6 ± 4,2	3,8 ± 1,4	3,5 ± 1,2

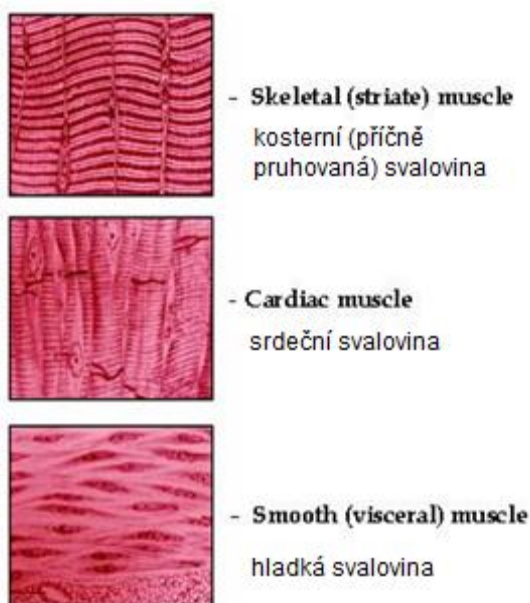
Kyle et al. (2004) uvádí porovnání hodnot PBF (procentuální podíl tělesného tuku) a BFMI pro muže se sedavým a aktivním životním stylem ve věku 18–24 let, viz tabulka 12.

## 2.4.2 Tukuprostá hmota (aktivní tělesná hmota)

Tukuprostá hmota 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, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 60).

Tukuprostá hmota je určena jako součet TBW a DBM (Dry Body Mass = sušina), poměr složek se mění v závislosti na věku, pohybové aktivitě a jiných faktorech (Biospace, 2008).

Tři typy svalové tkáně nacházíme podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) v lidském těle. Jedná se o kosterní svaly (příčně pruhované, 40 % u mužů a 30 % u žen), srdeční sval a hladké svalstvo (10 %). V průběhu ontogeneze se poměry mezi nimi mění (Obrázek 8).



**Obrázek 8.** Tři typy svalové tkáně v lidském těle (upraveno dle <http://www.inbody.cz/soubory/lookin-body/prezentace-lidske-telo.pdf>)

**Tabulka 13.** Podíl svalstva na hmotnosti v průběhu vývoje (dle Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 60)

Věk (roky)	Kreatininurie		Matiegkova metoda		Drinkwaterova metoda		Autoři: 1 – Clark (1951) 2 – Ulbrichová (1988) 3 – Bláha (1986) 4 – Norris (1963) 5 – Young (1963)
	muži	ženy	muži	ženy	muži	ženy	
5	42,0 <sup>1</sup>	40,2 <sup>1</sup>					
7	42,5 <sup>1</sup>	46,6 <sup>1</sup>	39,5 <sup>2</sup>	38,6 <sup>2</sup>	41,1 <sup>3</sup>	40,1 <sup>3</sup>	
9	45,9 <sup>1</sup>	42,2 <sup>1</sup>	41,1 <sup>2</sup>	38,4 <sup>2</sup>	41,5 <sup>3</sup>	40,7 <sup>3</sup>	
11	45,9 <sup>1</sup>	44,2 <sup>1</sup>	41,5 <sup>2</sup>	40,7 <sup>2</sup>	41,7 <sup>3</sup>	41,6 <sup>3</sup>	
13	46,2 <sup>1</sup>	43,1 <sup>1</sup>	42,2 <sup>2</sup>	40,7 <sup>2</sup>	43,0 <sup>3</sup>	41,8 <sup>3</sup>	
15	50,3 <sup>1</sup>	43,2 <sup>1</sup>	45,1 <sup>2</sup>	40,5 <sup>2</sup>	44,2 <sup>3</sup>	41,3 <sup>3</sup>	
17	52,6 <sup>1</sup>	42,0 <sup>1</sup>	47,6 <sup>2</sup>	40,8 <sup>2</sup>	45,1 <sup>3</sup>	40,6 <sup>3</sup>	
20–29	51,5 <sup>4</sup>	39,9 <sup>4</sup>					
25–30					45,0 <sup>3</sup>	39,8 <sup>3</sup>	
40–49	43,4 <sup>4</sup>	36,7 <sup>5</sup>					
45–55					44,5 <sup>3</sup>	36,4 <sup>3</sup>	
60–69	39,7 <sup>4</sup>	34,4 <sup>5</sup>					
70–79	35,6 <sup>4</sup>						
80–89	35,3 <sup>4</sup>						

**Tabulka 14.** Hodnocení podílu tukuprosté hmoty v těle u dětí a dospívajících v % (upraveno podle: [http://www.gmon.info/man\\_de/muskelmasseundknochenmasse.htm](http://www.gmon.info/man_de/muskelmasseundknochenmasse.htm))

	nizký	snížený	optimální	zvýšený
7 let	< 31	31–36	36–47	> 47
8 let	< 31	31–35	35–47	> 47
9 let	< 30	30–34	34–47	> 47
10–12 let	< 30	30–33	33–47	> 47
13 let	< 31	31–34	34–48	> 48
14 let	< 32	32–35	35–48	> 48
15 let	< 33	33–36	36–49	> 49
16–18 let	< 33	33–37	37–50	> 50
19–20 let	< 34	34–38	38–51	> 51

Z tabulky 14 lze vyčíst růst optimálních hodnot tukuprosté hmoty s věkem dětí a dospívajících. Vyplývá to ze standardních změn v nárůstu svalové frakce v průběhu ontogeneze.

Behnke (1963) zavedl pojem **lean body mass (LBM)**, což znamená štíhlá tělesná hmota. Tento termín původně označoval tukuprostou hmotu s malým množstvím esenciálního tuku, dnes je používáno termínu tukuprostá hmota, jelikož není možné přesně oddělit lipidy esenciální a neesenciální.

**Lean Body Mass** (také SLM = Skeletal Lean Mass) je podle Heywarda a Wagnera (2004) štíhlá svalová hmota, v podstatě aktivní tělesná hmota (hmotnost bez tukové složky). **Dry Lean Mass** je suchá hmotnost, která je dána rozdílem FFM – TBW

Ke svalové frakci se kromě **FFM** (fat-free mass, tukuprostá hmota, kterou tvoří souhrn kostních minerálů a měkkého svalstva, soft lean mass) vztahuje také **Soft Lean Mass** (měkká hmota). Jedná se o souhrn proteinů a celkové vody v těle (intra- a extracelulární voda). **Kosterní svalstvo (SMM = Sceletal Muscle Mass)** je především svalová hmota končetin, která tvoří asi 70 % celkového kosterního svalstva (Heyward & Wagner, 2004).

Vztah FFM k tělesné výšce je prezentován pomocí indexu tukuprosté hmoty = fat-free mass index (FFMI), který je rovněž využíván pro základní zhodnocení sarkopenie (úbytek svalové hmoty) (Kyle et al., 2004).

Průměrné hodnoty pro FFMI jsou 14,6–16,7 kg/m<sup>2</sup> (Kyle, Morabia, Schulz, & Pichard, 2004), 16,7–19,8 kg/m<sup>2</sup>, 15,1–17,0 kg/m<sup>2</sup> (Bahadori et al., 2006) a 16,5–19,9 kg/m<sup>2</sup> (Hattori, Tatsumi, & Tanaka, 1997).

**Tabulka 15.** FFM a FFMI dospělých mužů se sedavým a aktivním způsobem života (upraveno dle Kyle et al., 2004)

věk (roky)	Fat-free mass		Fat-free mass index	
	pasivní (kg)	aktivní (kg)	pasivní (kg/m <sup>2</sup> )	aktivní (kg/m <sup>2</sup> )
18–24	60,1 ± 5,8	59,6 ± 4,9	18,9 ± 1,4	18,7 ± 1,2

V tabulce 15 vidíme porovnání hodnot FFM a FFMI pro muže se sedavým a aktivním životním stylem ve věku 18–24 let zjištěné ve studii Kyle et al. (2004).

### 2.4.3 Tělesná voda

Převážně z látek organických a anorganických je podle Seligera a Vinařického (1980) složeno lidské tělo. Důležité postavení zde zaujímá voda. Přes 70 % vody obsahuje aktivní tělesná hmota u dospělého jedince. V literatuře nalézáme velké rozpětí uváděných hodnot množství vody v těle. Signalizuje nám to tak, že v průběhu života se toto množství v závislosti na jedinci mění. Ovlivněno je věkem, pohlavím, hmotností a příjmem a výdejem vody v průběhu dne.

Nejvíce vody je podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) v krvi a ostatních tělních tekutinách (91–99 %), ve svalové tkáni (75–80 %) a v kůži. Určité množství, i když podstatně menší, se nachází v tukové tkáni (10 %) a kostech (22 %), (Rokyta et al., 2000; Trojan, 1996).

Voda má v lidském těle mnoho významných funkcí:

- transportér živin a ostatních látek;
- rozpouštědlo;
- nezbytná pro průběh metabolických reakcí;
- klíčová role při trávení a vstřebávání;
- účastní se procesu tvorby energie;
- pomáhá při regulaci tělesné teploty;
- chová se jako lubrikant, chrání okolí kloubů včetně míchy;
- v průběhu těhotenství přítomna v amnionu jako plodová voda, obklopuje a chrání plod (Anonymous. Tělesná voda. Retrieved 19. 3. 2013 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/telesna-voda.php>).

WHO (World Health Organisation) stanovila normativy pro osoby s normální hmotností (upraveno dle <http://www.medizin-forum.de>):

- děti 60–75 %;
- ženy 50–55 %;
- muži 60–65 %.

**Tabulka 16.** Zastoupení vody v těle v % (upraveno dle [http://www.gmon.info/man\\_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereiche4.htm](http://www.gmon.info/man_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereiche4.htm))

	Muži (od 18 let)	Ženy (od 18 let)	Děti (do 18 let)
Hodnocení (%)			
nízké	< 50	< 45	< 65
optimální	50–65	45–60	65–75
zvýšené	> 65	> 60	> 75

Hodnoty v tabulce 16 nám jasně dokazují, že podíl tělesné vody se s věkem snižuje. Dále vidíme, že u žen jsou ve všech případech hodnoty nižší než u mužů a naopak u dětí nalézáme hodnoty nejvyšší.

V závislosti na věku a pohlaví se podíl celkové tělesné vody pohybuje od 75 % u kojence do 46 % ve stáří. Muži mají vyšší podíl TBW než ženy a tyto rozdíly je možné pozorovat již v dětství. Různý podíl tuku na tělesné hmotnosti pak způsobuje individuální rozdíly TBW (Chumlea et al., 2005)

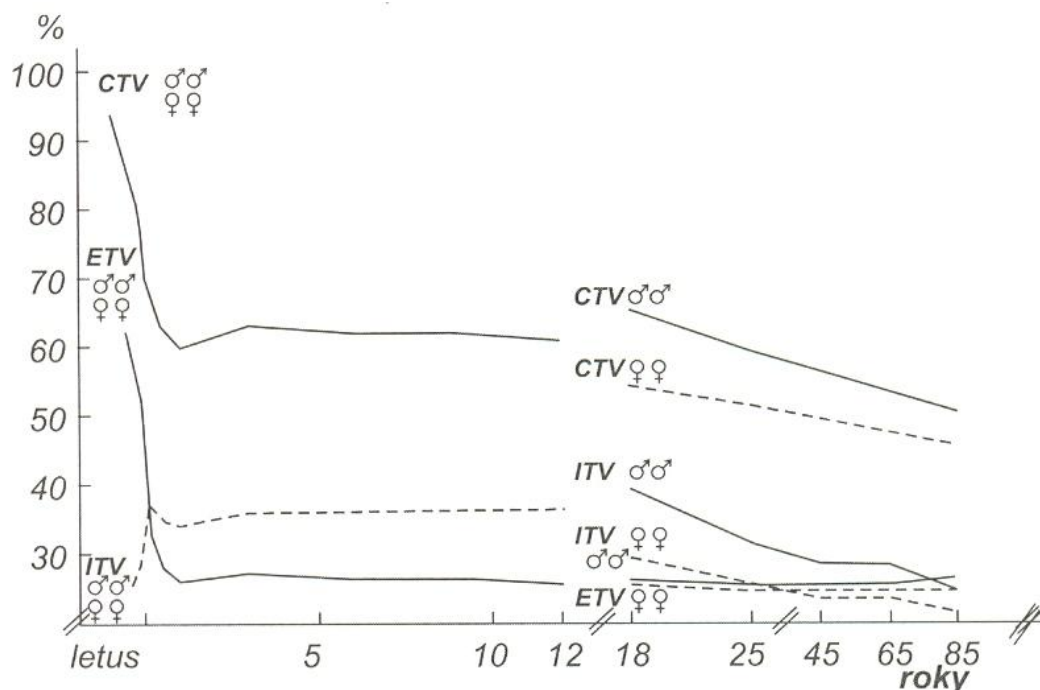
Novorozenec má přibližně 2,5krát vyšší relativní podíl ECW na celkové tělesné hmotnosti než dospělý člověk. U dospělého muže tvoří ICW cca 66 % z TBW (Rokyta et al., 2000). U dětí se nachází vyšší relativní podíl TBW a rovněž vyšší poměr ECW/TBW než u dospělých, ale nižší poměr ICW/TBW. Poměr ECW/TBW označujeme jako „Edema Index“. Tento poměr se snižuje s věkem a je ovlivněn např. nesprávnou výživou či chronickou nemocností (Silva et al., 2005).

Index Edema 1 hodnotí vztah mezi ECW a TBW. Standardní hodnoty indexu Edema 1 se podle manuálu InBody 720 pohybují v rozmezí 0,36–0,40 jednotek. Index Edema 2 se vztahuje k hodnocení ECF (extracelulární fluid) a TBF (celkový tělesný fluid). Tělesný fluid je tekutina, ve které jsou proteiny a minerály zastoupeny v poměru 2:1. Standardní hodnoty indexu Edema 2 jsou uváděny v rozmezí 0,31–0,36 jednotek. Vyšší hodnoty indexu Edema 2 jsou dispozičním médiem pro tvorbu otoků (Biospace, 2008).

V průběhu prenatálního vývoje a v prvním roce života se podíl celkové tělesné vody snižuje, zatímco relativně konstantní zůstává během raného a středního dětství, cca do 12. roku. Rovněž k sexuálnímu rozdílu dochází až



později, konkrétně v postpubertálním období se míra hydratace u chlapců zvyšuje, zatímco u dívek snižuje. S přibývajícím věkem se míra hydratace snižuje (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).



**Obrázek 9.** Vývoj celkové (CTV), extracelulární (ETV) a intracelulární (ITV) vody (podle Maliny 1969)

**Tabulka 17.** Průměrné hodnoty celkové tělesné vody u chlapců v % naměřené metodou BIA (upraveno dle Bunce, 2006)

věk (roky)	% TBW
11	64,3 ± 3,0
12	63,7 ± 3,2
13	62,4 ± 3,6

Bunc (2006) měřil ve své studii 756 chlapců ve věku 6–14 let. Výsledky vybraných věkových kategorií prezentuje tabulka 17.

Skorocká ve své studii (2005) zjistila u 11letých chlapců podíl TBW na hmotnosti těla ve výši 64,29 %.

„Voda je rozdělena do dvou kompartmentů (prostorů) – intracelulárního a extracelulárního“ (Rokyta et al, 2008, 51).

Extracelulární voda (ECW) tvoří u mužů 20 % celkové tělesné hmotnosti a odpovídá 1/3 (33 %) jejich celkové tělesné vody. U žen je to hodnota 21 % z celkové tělesné hmotnosti (Rokyta et al., 2008).

Wang, Pierson & Heymsfield (1992) o extracelulární tekutině uvádějí, že obklopuje buňky, zajišťuje transport výměny plynů a živin a je tvořena z 94 % vodou.

Intracelulární voda (ICW) tvoří 40 % tělesné hmotnosti, což odpovídá 66 % veškeré tělesné vody u mužů a u žen pak 32 % tělesné hmotnosti (Rokyta et al., 2008).

Podle Biospace (2008) měří přístroj InBody 720 TBW použitím multifrekvenční techniky, která separuje TBW na ICW a ECW. Nitrobuněčná voda ukazuje množství vody v buněčné membráně, mimobuněčná voda ukazuje celkové množství meziprostorové kapaliny a krve. Ve zdravém těle by měla být ICW a ECW udržována v poměru asi 2:3.

Bunc et al. (2007) uvádí, že procento celkové tělesné vody klesá s rostoucím věkem. Tento pokles je důsledkem poklesu podílu extracelulární vody na TBW. Vnitrobuněčná voda, resp. její podíl na TBW naopak s rostoucím věkem stoupá.

#### 2.4.4 BCM a ECM

„Buněčná hmota (BCM) představuje sumu všech buněk, obsahujících ICW a proteiny, nacházející se v orgánech. Hodnota BCM slouží pro diagnostiku stavu nutrice.... Pro hodnocení nutričního stavu je využíván index ECM/BCM (ECM = FFM – BCM)“ (Talluri et al., 1999).

Všetulová a Bunc (2004) popisují BCM (buněčnou masu) jako část tukuprosté hmoty, která je vysoce metabolicky aktivní a je v přímém kontextu k aerobní zdatnosti jedince. Průměrné hodnoty BCM dosahují u zdravých jedinců mezi muži  $10,61 \pm 2,18$  kg (Kyle, Morabia, Schulz, & Pichard, 2004).

Málokdo si připouští, že by pokles hmotnosti mohl po zdravotní stránce i ublížit. V odborné lékařské literatuře jsou ale popsána mnohá dosti závažná rizika, poruchy srdečního rytmu, které by mohly vést až k úmrtí člověka. Každou redukcí hmotnosti dochází spolu s úbytkem tukové tkáně také k úbytku aktivní buněčné hmoty (tzn. buněk svalové tkáně, buněk jater a dalších orgánů. Žádoucím efektem je větší úbytek tuku, nežádoucí je úbytek buněčné hmoty. Jestliže převažuje úbytek tukové tkáně, nepříznivé účinky poklesu tělesné hmotnosti jsou minimální. Převažuje-li však úbytek buněčné složky, dochází tím k úbytku svalové hmoty (tj. svaloviny kosterní, svaloviny srdce, svalů, které jsou aktivní při dýchání) a s tím spojené snížení funkce takto postižených svalových složek, což má za následek oslabení síly kosterního svalstva, riziko zhoršení činnosti srdce a možné zhoršení dechových potíží (Anonymous. Doplnující údaje. Retrieved 2. 4. 2013 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/doplujici-udaje.php>).

**BCM a ECM** parametry informují o stavu výživy. Snížená hodnota BCM a naopak zvýšená hodnota ECM spolu s normálními hodnotami tukuprosté hmoty poukazují na nesprávnou výživu (Shizgal, 1987).

**Poměr ECM/BCM** je zajímavým parametrem z hlediska sportovního tréninku. Představuje kvalitativní charakteristiku kosterního svalu (Talluri et al., 1999). Rovněž index BCMI, který získáme dělením hodnoty BCM v kilogramech

a povrchu těla ve čtverečních metrech, je dobře využitelný ve sportovní praxi (Talluri, 1998). Pozornost si v současnosti stále více zaslouhuje parametr ECM, což je způsobeno rostoucím pochopením jeho role v normálních i patologických procesech (Murray et al., 1998).

Deurenberg et al. (1992) uvádějí, že u dospělých zdravých jedinců je poměr ECM/BCM vždy menší než 1 a u žen je tento podíl vyšší než u mužů. Trénovaní jedinci mají tento poměr nižší než netrénovaní a to platí jak u dospělých, tak u dětí.

Poměru ECM/BCM se využívá také jako ukazatele předpokladů pro sportovní zdatnosti organismu (Bunc et al, 2000; Bunc, 2004).

Optimálnímu stavu výživy odpovídá podle manuálu InBody 720 indexové rozmezí 0,7–0,8 jednotek. Talluri et al. (1999) uvádí pro běžnou populaci hodnoty mezi 0,85 a 1,00. Odchytky od těchto čísel směrem k vyšším hodnotám jsou způsobeny buď poklesem BCM (katabolismus), nebo rozšířením tekutin v extracelulárním prostoru (edém).

**Tabulka 18.** Průměrné hodnoty ECM/BCM u chlapců (upraveno dle Bunce, 2006)

věk (roky)	ECM/BCM
11	0,82 ± 0,07
12	0,80 ± 0,07
13	0,78 ± 0,06

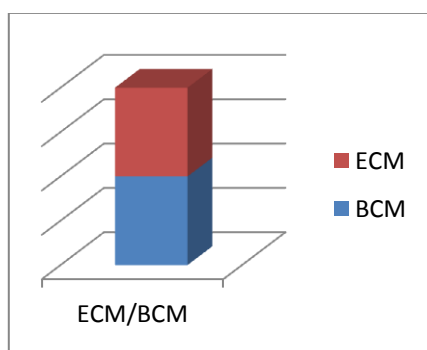
Tabulka 18 zobrazuje průměrné hodnoty ECM/BCM indexu tří věkových kategorií z Buncovi studie (2006), která byla realizována na 756 českých chlapcích ve věku 6–14 let.

Hodnotu ECM/BCM lze použít jako doplňkové kritérium pro posouzení předpokladů ke cvičení. Čím nižší je poměr ECM/BCM, tím lepší jsou predispozice k tělesnému cvičení (Bunc, 2006).

Bunc (2006) rovněž uvádí, že poměr ECM/BCM je rozhodující parametr pro sportovní disciplíny, které vyžadují vysoký výkon, jako vytrvalostní běh, běh na lyžích, atd. Stanovení ECM/BCM poměru je důležitým parametrem při výběru vhodných typů pro každý druh sportu.

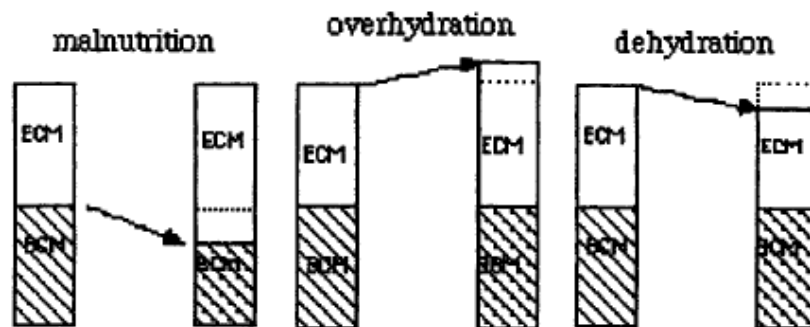
Bunc et al. (2007) provedl výzkum na 1611 chlapcích ve věku 6–14 let. Podle něj hodnoty ECM/BCM jak u chlapců, tak i u děvčat vykazují těsnou negativní závislost na maximální spotřebě kyslíku, vztažené na kg hmotnosti. Na základě opakovaných sledování u trénovaných jedinců se ukázalo, že poměr EMC/BCM je těsně vázán na realizované tréninkové zatížení, hlavně pak na výpadky v důsledku zranění nebo nemoci. Měřitelné změny je možné pozorovat již po 14 dnech přerušení nebo snížení tréninkového zatížení. Sledování této proměnné se zdá být vhodné ve fázi rehabilitace po zranění.

Nalezené těsné vztahy mezi podílem extracelulární a intracelulární buněčné hmoty a maximální spotřebou kyslíku, která je kriteriem aerobní zdatnosti nebo také trénovanosti, ukazují na možnost využití této proměnné pro hodnocení stavu trénovanosti u netrénovaných jedinců, ale hlavně u sportujících. Značnou váhu má tento parametr v případě posouzení předpokladů pro pohybové zatížení – při výběru talentů pro sportovní činnosti. Význam této proměnné stoupne s tím, uvědomíme-li si, že funkční předpoklady se vesměs hodnotí pomocí modelového zatížení, které předpokládá maximální intenzitu zatížení. Schopnost dosáhnout stavu subjektivního vyčerpání je vázána na formu použitého pohybového zatížení, je jednoznačně determinována stupněm adaptace na dané pohybové zatížení (Bunc et al., 2007, 495).



**Obrázek 10.** ECM/BCM = 1 (upraveno dle Talluri et al., 1999)

Na obrázku 10 vidíme vyrovnaný poměr ECM/BCM odpovídající hodnotě 1 a obrázek 11 pak znázorňuje změny extracelulárního prostoru a jejich podněty.



**Obrázek 11.** Změna extracelulárního prostoru vyvolaná podvýživou, nadměrným příjmem tekutin nebo dehydratací (dle Talluri et al., 1999)

Body cell mass index (BCMI) = index buněčné hmoty se jeví jako účinný nástroj pro posouzení abnormalit v tělesném složení způsobených nemocí (Talluri, 1998). Průměrně činí BCMI u mužů  $10,61 \pm 2,18 \text{ kg/ m}^2$  (Kyle, Morabia, Schulz, & Pichard, 2004).

#### 2.4.5 Minerály

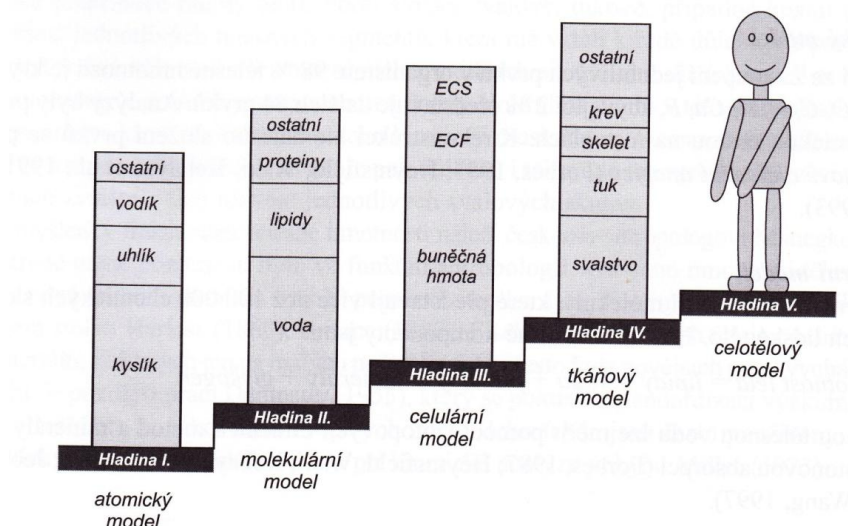
Minerální látky se v organismu dělí na ty, jenž jsou rozpustné v tělních tekutinách a ty, které jsou zastoupeny v nerozpustné formě v kostech a zubech. Rozpustné soli udržují stálou homeostázu organismu a soli nerozpustné dávají tkáním pevnost. Řadíme sem např. sodík, draslík vápník, hořčík, železo, chlór, jod, fluor, fosfor.

Podle Biospace (2008) je díky přístroji InBody 720 možné získat odhad váhového množství minerálů v těle (MM) a v kostní hmotě (BMC). BMC se vypočítá použitím dvoj-energetické rentgenové absorbometrie DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry), což je ekvivalent používaný k diagnóze hustoty minerálů v kostech.

Hodnota mineralizace kostí, která je dána množstvím minerálních látek uložených v kosti, je důležitá pro prevenci a diagnostiku osteoporózy. Osteoporózou označujeme onemocnění kostní tkáně vedoucí ke zvýšené křehkosti kostí (Riegerová, Kapuš, & Gába, 2010).

## 2.5 Modely tělesného složení

Vzhledem k tomu, že složení těla je chápáno z více hledisek, existuje i větší počet jeho modelů. Jedním z nich je tzv. pětistupňový model skládající se z pěti úrovní (hladin): atomický, molekulární, buněčný, tkáňovo-systémový a celotělový (Obrázek 12).



**Obrázek 12.** Tělesné složení člověka z hlediska pětistupňového modelu (upraveno dle Wang et al., 1992)

**Atomický model** je popisován z hlediska zastoupení šesti hlavních chemických prvků v organismu (kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník a fosfor), které tvoří 98 % celkové tělesné hmotnosti. Dalších 44 prvků pak tvoří zbylá 2 % (Wang et al, 1992).

**Molekulární model** pracuje se sloučeninami jednotlivých chemických prvků. 11 hlavních prvků tvořící molekuly lidského těla je utvářeno z více než 100 000 chemických sloučenin. Model dělí lidské tělo na lipidy, vodu, proteiny, minerály a glykogen (Wang et al., 1992).

**Buněčný (celulární) model** postupuje od molekulárního složení ke složení těchto molekul do jednotlivých buněk. Důležitou komponentou je zde extracelulární tekutina (ECT), která se skládá z plasmy, intersticiální tekutiny a 94 % vody. Extracelulární pevné látky (ECPL) organické i neorganické tvoří další významnou komponentu tohoto modelu. Celkovou tělesnou hmotu pak utváří

součet buněk tukových, BM (svalové, pojivové, epiteliální a nervové buňky), ECPL a ECT (Wang et al., 1992).

**Tkáňově-systémový model** je další úrovní, která popisuje molekuly organizované do tkání. Rozlišujeme zde tkáň kostní, svalovou a tukovou. Rovnice pro hmotnost vypočtenou tímto modelem je následovná:

hmotnost těla = muskuloskeletální + kožní + nervový + respirační + oběhový + zažívací + vyměšovací + reprodukční + endokrinní systém (Wang et al., 1992).

**Celotělový model** udává aktivní tělesnou hmotu a depotní tuk na základě antropometrických měření pomocí tělesné výšky, hmotnosti, hmotnostně-výškových indexů, délkových, šířkových a obvodových rozměrů, tloušťky kožních řas, objemu těla a z něj zjišťované denzity. Nejjednodušším způsobem stanovení tělesné hmotnosti je součet třech základních tělesných segmentů – trupu, hlavy a končetin. Hmotnost se vypočítá jako: hmotnost trupu + hmotnost hlavy + hmotnost končetin (Wang et al., 1992)

Vědci pokoušející se popsat lidské tělo vytvořili několik modelů, ve kterých popisují jeho jednotlivé komponenty. Tyto komponenty je možné charakterizovat z pohledu chemického (tuk, bílkoviny, sacharidy, minerály a voda) či anatomického (tuk, bílkoviny, sacharidy, minerály a voda). Vznikl tak tzv. čtyřkomponentový model (tuk, extracelurání tekutina, buňky, minerály) a dále pak tříkomponentový (podíl tuku, svalstva a kostní tkáně). V současnosti je pro jeho zjednodušení, avšak zároveň přesnost nejpoužívanějším model dvoukomponentový, který tvoří tuk a tukuprostá hmota (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

**Dvoukomponentový model** popisuje hmotnost lidského těla pomocí dvou základních komponent, a to tuku (Fat Mass, FM) a tukuprosté hmoty (Free Fat Mass, FFM). Tukuprostou hmotu lze definovat jako hmotnost všech tkání mínus extrahovatelný tuk. Dříve byl pro tuto komponentu používán termín aktivní tělesná hmota (Lean Body Mass, LBM). „Chemické složení tukuprosté hmoty (FFM) je



považováno za relativně konstantní s obsahem vody 72–74 % a obsahem draslíku 60–70 mmol/kg u mužů a 50–60 mmol/kg u žen“ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

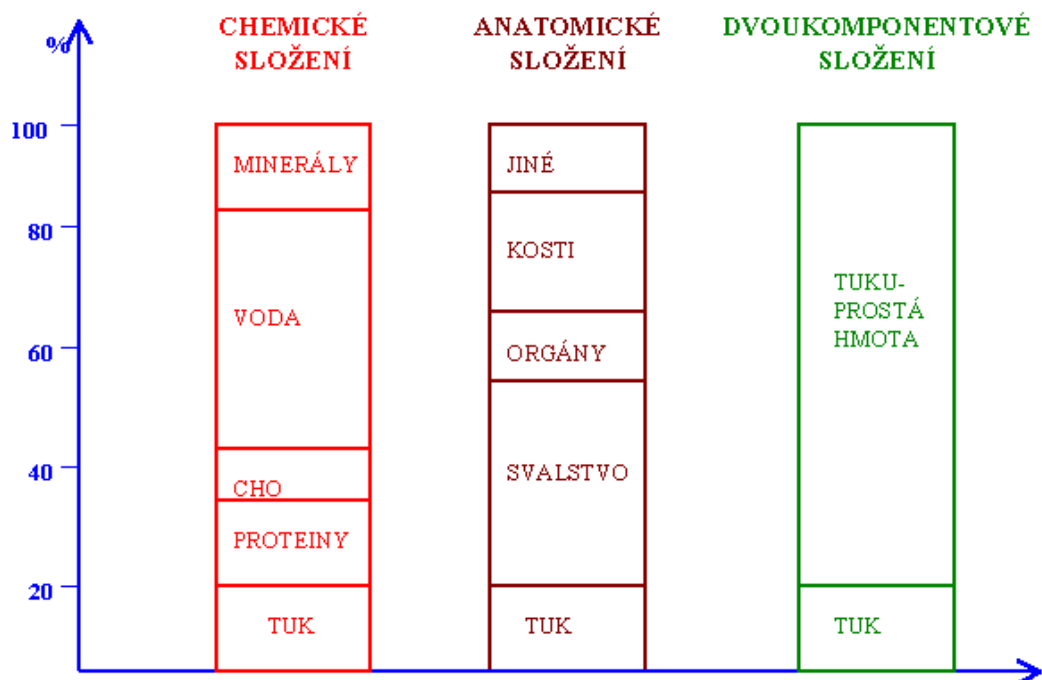
Různá denzita tuku a tukuprosté hmoty je hlavním základem pro tento model. Denzita FFM je 1,1 g/cm<sup>3</sup>, zatímco denzita FM je 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Rozdíl je způsoben obsahem vody a draslíku v tukuprosté hmotě.

Jako další modely tělesného složení bych ještě uvedl tříkomponentový a čtyřkomponentový model.

**Tříkomponentový model** rozděluje, jak již název napovídá, lidské tělo do tří složek - tuk, voda a sušina. Sušina je tvořena bílkovinami a minerály.

**Čtyřkomponentový model** je tvořen tukem, extracelulární tekutinou, buňkami a minerály.

„V současné době se odborníci shodují, že multikomponentální přístup by měl být použit kdykoli je to možné, především pro vývoj a validaci metod složení těla a predikce rovnic“ (Heyward & Wagner, 2004).



**Obrázek 13.** Chemický, anatomický a dvoukomponentový model (upraveno dle Willmora, 1992)

Na obrázku 13 vidíme tři výše popisované modely tělesného složení a jejich jednotlivé složky.

Lidské tělo můžeme v podstatě rozdělit do několika komponent, které mezi sebou vytváří vzájemné vztahy. Mezi nejvýznamnější komponenty tělesného složení řadíme tělesný tuk (FM), tukuprostou hmotu (FFM) a celkovou tělesnou vodu (TBW). Tělesné složení, v nejčastějším pojetí jako velikost podílu depotního tuku a aktivní hmoty, vytváří výrazný somatický znak, který se charakteristicky rozvíjí v závislosti na věku, pohlaví a stupni tělesného rozvoje. Obecně lze parametry tělesného složení stanovovat množstvím metod, které se liší jak přístrojovou a personální náročností, tak i přesností stanovení sledovaných dat (Kinkorová, Keller, & Moulis, 2009).

## **2.6 Metody odhadu tělesného složení**

K odhadu tělesného složení jsou používány tři metody: antropometrie, biofyzikální a biochemické metody.

Metody můžeme dělit na laboratorní a terénní. Laboratorní metody kladou vysoké nároky na technické vybavení, odbornost obsluhy, organizační možnosti a cenové relace přístrojové techniky. Další možností rozdělení těchto metod je na přímé a nepřímé metody. Přímé metody jsou založeny na denzitně a chemickém složení těla, nepřímé spadají svou technikou do klasické antropometrie (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **Antropometrie**

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) uvádějí, že antropometrické metody jsou používány k odhadu tělesného složení z antropometrických rozměrů (kosterní rozměry, tloušťky kožních řas, obvodové míry). Nejpoužívanější metodou k odhadu tělesného složení u nás je součet deseti kožních řas podle Pařízkové (1962). Stále se však uplatňuje i původní Matiegekova metoda (Fetter, 1967) a její modifikace dle Drinkwatera (1980).

Přesnost výsledků měření u všech výše zmíněných metod je závislá na výběru kaliperu, zkušenostech pracovníka a vybraném typu regresních rovnic.

## **Biofyzikální a biochemické metody**

Technický pokrok umožňuje nahrazení složitějšího měření kaliperem modernějšími a jednoduššími metodami měření tělesného složení, při kterých nedochází k přímému kontaktu mezi měřenou osobou a testujícím. Tyto metody jsou rychlejší a také méně náročné.

K těmto metodám řadíme radiografii, ultrazvuk, infračervenou interakci, magnetickou rezonanci, denzitometrii, hydrostatické vážení, voluminometrii, pletysmografii, hydrometrii, bioelektrickou impedanci, celkovou tělesnou vodivost, metodu DEXA (duální rentgenová absorpciometrie), izotopy vodíku, celkový tělesný draslík, neutronovou aktivační analýzu, celkový tělesný vápník, celkový tělesný dusík, kreatininurii, celkový plasmatický kreatinin a vylučování 3methylhistidinu.

Vzhledem k tomu, že naše měření probíhalo metodou bioelektrické impedance, budu se dále podrobněji věnovat pouze této metodě.

### ***Bioelektrická impedance (BIA)***

Bunc, Dlouhá a Pařízková (1993) uvádějí, že se fyziologové, biologové a lékaři zabývají ve výzkumu i v klinické praxi již více než jedno století problematikou elektrické aktivity a vlastností živých tkání a jejich využitím pro účely diagnostiky. Impedance je jednou z bioelektrických vlastností živého organismu. Vhodné umístění elektrod a precizní měření impedance nám pak může poskytnout informace o nervovém systému, respiraci, kontrakci kosterního svalstva, činnosti srdce a stanovení tělesného složení.

Metoda se u odborníků z různých medicínských oblastí či z oblasti výživy a sportovního tréninku rychle rozšířila v 80. letech. Následně proběhlo mnoho studií k ověření metody BIA. Z počátků se využívala monofrekvenční technologie (SF-BIA), která však byla výzkumy zpochybnována kvůli nepřesnostem u subjektů mimo průměr, jako např. senioři, děti, obézní lidé a sportovci. V návaznosti na to byla v 90. letech vyvinuta multifrekvenční technologie (MF-BIA), která tyto

nedostatky odstranila. Oddělený odhad tělesného složení segmentů (hrudník, končetiny) a schopnost měření tekutin uvnitř i mimo buňku byl umožněn vznikem profesionálních přístrojů od roku 1996 (Kyle et al., 2004; Anonymous. Retrieved 13. 3. 2013 from the World Wide Web: <http://www.e-inbody.com/Tech/history.html>).

BIA (Bioelektrická impedance) měří kompozici těla malým, bezpečným elektrickým proudem procházejícím tělem. Volně proud prochází tekutinami ve svalových tkáních, při průchodu tukovými tkáněmi se však 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 (Deurenberg, 1996; Bedogni, 2002; Anonymous. Retrieved 7. 1. 2013 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soucasnost.php>).

Metoda je založena na principu odlišných elektrických vlastností tkání, tuku a hlavně tělesné vody (Lukaski et al., 1987; Lukaski & Bolonchuk, 1988).

V lidském těle rozlišujeme dva typy odporů. Odpor extra a intracelulárních tekutin a odpor vznikající v buněčných membránách. Přes buněčnou membránu neproniká nízká frekvence (okolo 50 kHz), proud tedy pak prochází pouze extracelulární tekutinou. Dokážeme tak odhadnout množství tukuprosté hmoty a celkové tělesné vody, ale nedokážeme určit rozdíl mezi vodou extra- a intracelulární. Vysoká frekvence (nad 200 kHz) nám pak podá informace i o rozdělení celkové tělesné vody na extra- a intracelulární část (Kyle et al., 2004).

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) popisují metodu BIA jako neinvazivní, relativně levnou, terénní, bezpečnou a v poslední době velmi rozšířenou na celém světě. Je využívána pro stanovení konkrétních parametrů u zdravých jedinců i u pacientů s různými klinickými diagnózami.

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:  $FFM = TBW \times 0,732^{-1}$ . Hodnota 0,732 (73,2 %) představuje průměrnou 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 (...).

Analýza tělesného složení na základě bioelektrické impedance představuje analýzu hmotnosti ve smyslu: tukové složky, aktivní tělesné hmoty, obsahu celkové vody, obsahu extracelulární a intracelulární vody, stupně bazálního metabolismu. Metoda BIA je velmi citlivá na stav hydratace organismu, což může být její výhodou i nevýhodou. Dále záleží na termoregulaci a povrchové teplotě kůže. (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 38).

Jak již bylo výše zmíněno, metoda bioelektrické impedance využívá dvou technologií: monofrekvenční BIA (SF-BIA) a multifrekvenční BIA (MF-BIA).

**Monofrekvenční bioelektrická impedance (SF-BIA)** využívá pouze jednu frekvenci proudu v rozmezí 0–50 kHz. Proud o této frekvenci neproniká buněčnou membránou a přístroje SF-BIA tak neumožňují komplexní hodnocení tělesných tekutin. Pomocí této technologie získáme odhad množství tukové hmoty, tukuprosté hmoty a celkové tělesné vody, nezjistíme však podíl intra- a extracelulární tekutiny (Bedogni et al., 2002; Kyle et al., 2004).

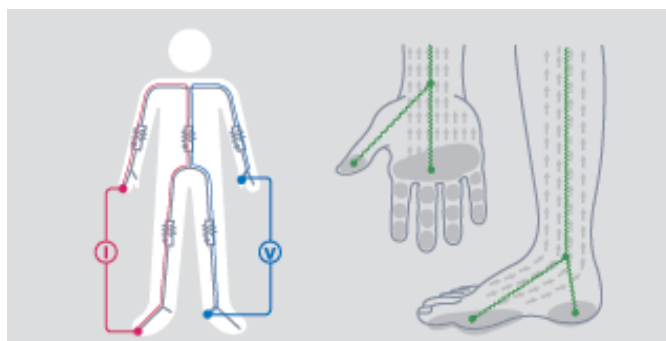
Problém BIA s jednou nízkou frekvencí je, že nemůže odhadnout množství nitrobuněčné vody, protože nízká frekvence nemůže projít skrz dvojvrstvou buněčnou membránu. Nitrobuněčná a mimobuněčná voda jsou ve zdravém těle vzájemně proporcionální, nicméně, nerovnovážné rozdělení tělesné kapaliny se objevuje u těch osob, které jsou starší a trpí obezitou, nebo stařeckými chorobami a to jsou právě ti, kteří potřebují analyzovat své tělesné složení. Mimobuněčná voda se měří nízkofrekvenčním proudem (nižším než 50 kHz) a nitrobuněčná voda se měří vysokofrekvenčním proudem (vyšším než 200 kHz) (Anonymous. Retrieved 2. 4. 2013 from the World Wide Web: <http://www.biospace.cz/soubory/pdf/co-je-analyza-slozeni-tela.pdf>).

**Multifrekvenční bioelektrická impedance (MF-BIA)** využívá několika různých frekvencí (0, 1, 5, 50, 100, 200 až 1000 kHz). Díky proudu o vyšších frekvencích je zajištěn průchod přes buněčnou membránu a tedy i možnost hodnocení intracelulárních tekutin a posouzení poměru mezi intra- a extracelulární tekutinou. Touto technologií se tedy měří hodnoty tukuprosté hmoty, buněčné hmoty, tělesného tuku, celkové tělesné vody a podíl intra- a extracelulární tekutiny (Bedogni et al., 2002; Kyle et al., 2004).

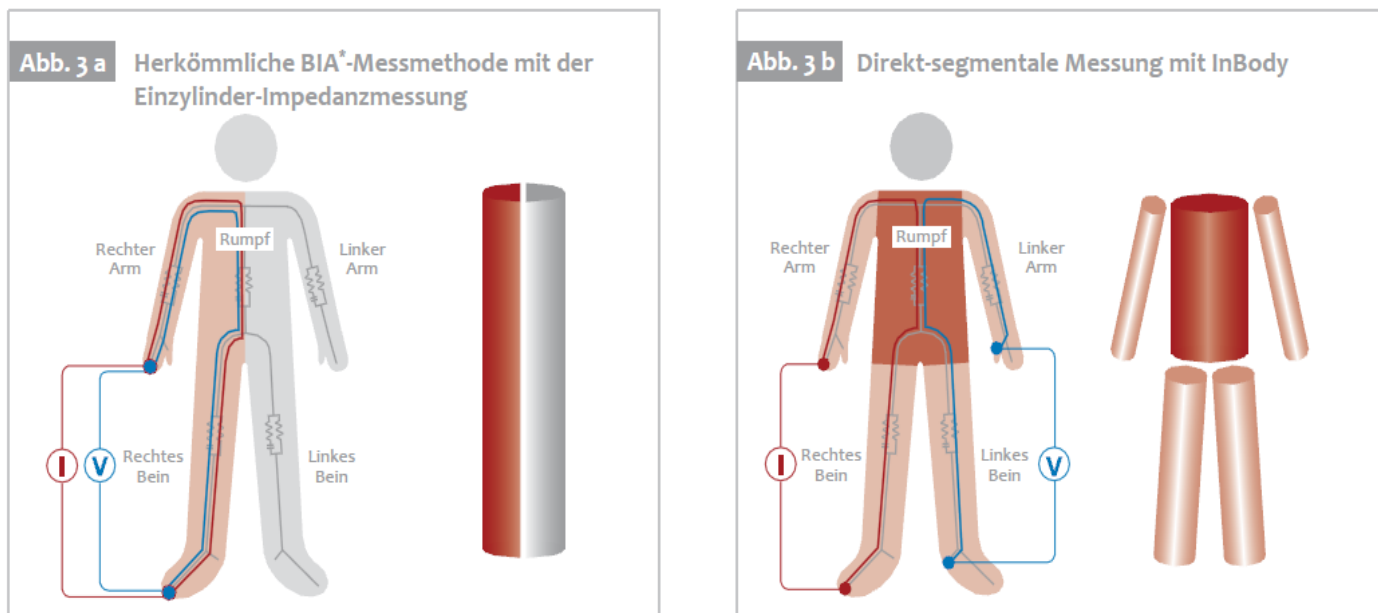
Význam multifrekvenční technologie je podle Deurenberga (1996) v možnosti zjištění poměru extracelulární tekutiny a celkové tělesné vody. Tyto hodnoty totiž umožňují analýzu tělesného složení u obézních jedinců, u kterých jsou tyto hodnoty vyšší. Díky tomu pak MF-BIA slouží jako cenný nástroj pro měření tělesné vody u podvyživených a kriticky nemocných osob.

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) uvádějí, že pro měření prostřednictvím metody BIA je používána široká škála přístrojů, lišících se v přesnosti a způsobu měření a získávání výsledků a rovněž v ceně. Podle počtu elektrod pak rozlišujeme přístroje bipolární, resp. bipedální, které využívají dvou elektrod a mohou být jak ruční tak nožní, přičemž proud prochází horní, resp. dolní částí těla, a přístroje tetrapolární, které disponují čtyřmi elektrodami, z nichž dvě jsou lokalizovány na dolní a dvě na horní končetině. Tetrapolární přístroje jsou tedy přesnější a zároveň vhodnější pro odborné studie.

Průchod elektrického proudu tělem při měření metodou BIA je znázorněn na obrázku 14. Proud zde prochází horní i spodní částí těla. Zároveň na obrázku můžeme vidět kontaktní místa pro připojení elektrod.



**Obrázek 14.** Model průchodu elektrického proudu tělem a ukázka připojení elektrod při měření metodou BIA (upraveno dle <http://www.inbody.cz/soucasnost.php>)



**Obrázek 15.** Porovnání metod BIA: dřívější jednoválcové versus nové s přímým segmentálním měřením InBody (podle <http://www.inbody.de/pdf/inBodyInfo.pdf>)

Obrázek 15 znázorňuje v první části dřívější jednoválcové bioimpedanční měření, jež neumožňovalo zohlednit impedanci a rozdílné formy v jednotlivých segmentech těla. Tuhle metodou byla nejdříve stanovena impedance celé pravé poloviny těla a výsledek byl zdvojnásoben pro získání hodnot v celém těle. Pomocí dalších empirických výpočetních faktorů byly vyrovnávány nepřesnosti.

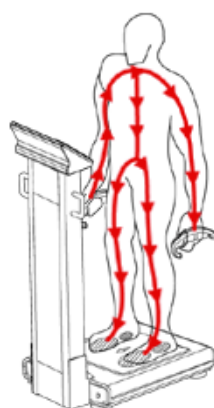
Druhá část obrázku znázorňuje přímé vícefrekvenční segmentální měření rozdělující tělo na pět válců (pravá a levá horní a dolní končetina a trup). Impedance je měřena v jednotlivých segmentech a výsledky jsou proto velice přesné a mohou být dále precizně vyhodnoceny (přeloženo podle Anonymous. Retrieved 19. 11. 2012 from the World Wide Web: <http://www.inbody.de/pdf/inBodyInfo.pdf>).



**Obrázek 16.** Osobní ruční tukoměr a dráha elektrického proudu v těle (upraveno dle <http://www.inbody.cz/pristroje-bia.php>)



**Obrázek 17.** Medicínská váha a dráha průchodu el. proudu tělem (upraveno dle <http://www.inbody.cz/pristroje-bia.php> a <http://www.tanita.com/en/bf683w/>)



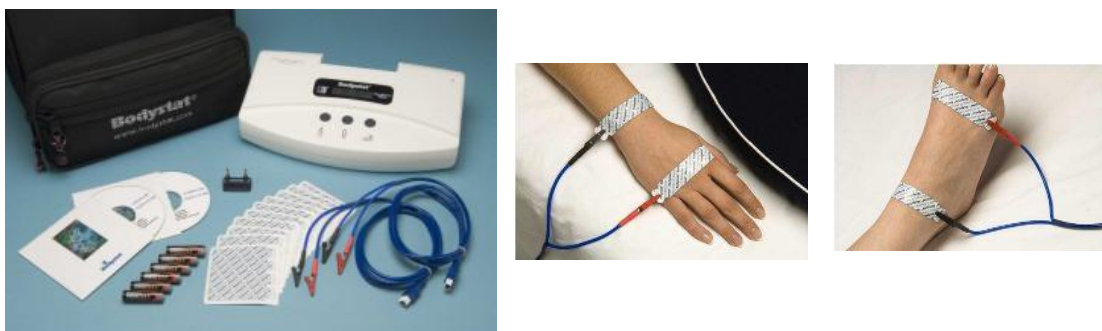
**Obrázek 18.** Analyzátor tuku, tetrapolární přístroj a znázornění průchodu el. proudu tělem (upraveno dle <http://www.inbody.cz/pristroje-bia.php> a <http://www.tanita.com/en/mc-980/>)



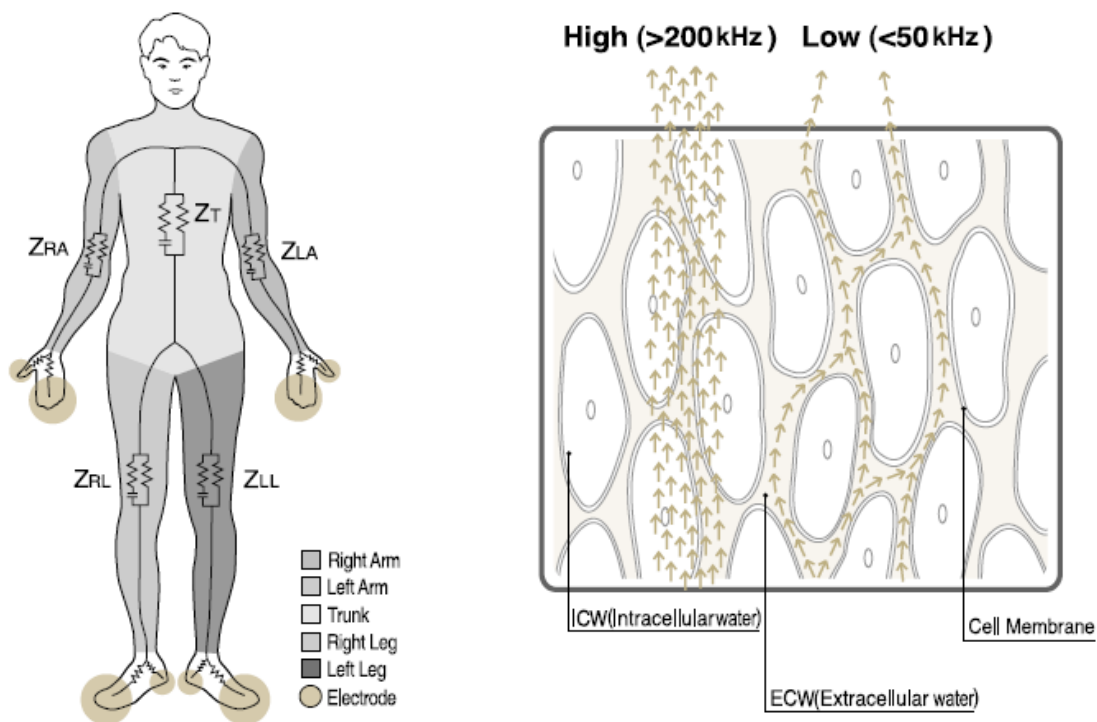
Na obrázcích 16–18 vidíme ukázky různých přístrojů využívaných k měření tělesného složení metodou BIA. Rovněž jsou na obrázcích znázorněny dráhy průtoku elektrického proudu lidským tělem během měření. Měření všemi těmito přístroji probíhá vestoje.

Pro stanovení tělesného složení se používá rovněž přístrojů, u kterých měření probíhá vleže a které umožňují rovněž změřit i hendikepované jedince, kteří nejsou schopni došlápnout na elektrodu platformy nebo uchopit ruční elektrody (Obrázek 19). Takové analyzátoři tělesného složení produkuje firma Bodystat (Velká Británie), např.: Bodystat 1500, QuadScan. Výhodou těchto přístrojů je jejich snadná přenositelnost, jsou lehké, mají vestavěnou autokalibraci a paměť pro 100 měření. Výsledky jsou vyobrazeny na dvouřádkovém displeji a po přenesení do PC je možné s nimi dále pracovat.

Pro výzkumné účely je využíváno různých typů bioimpedančních analyzátorů. Nejznámějšími výrobci jsou firmy Tanita (Japonsko) a Biospace Co., Ltd. (Korea) a Bodystat (Velká Británie). Přístroje se liší frekvencemi a softwarem.



**Obrázek 19.** Přístroj QuadScan 4000 firmy Bodystat pro měření vleže (upraveno dle <http://www.bodystat.com/products/quadscan-4000/>)



**Obrázek 20.** Umístění dotkových elektrod (InBody 720) a segmentální analýza - rozdíl v průchodu elektrického proudu (upraveno dle [www.e-inbody.com](http://www.e-inbody.com))

Na obrázku 20 vidíme umístění dotkových elektrod při měření přístrojem InBody 720 a rozdíl v průchodu elektrického proudu o různé frekvenci tělem. ICW (intracelulární voda) je měřitelná elektrickým proudem vyšším než 200 kHz, který prochází skrz buněčnou membránu, hodnoty ECW (extracelulární vody) naproti tomu získáme již při měření proudem nižším než 50 kHz

Získání objektivních hodnot a přesných výsledků je podmíněno dodržováním konkrétních podmínek:

- 4–5 hodin před testem nejíst a nepít;
- 12 hodin před testem necvičit;
- 24 hodin před testem nepožívat alkohol;
- před testem vyprázdnit močový měchýř a dodat organizmu neslazenou tekutinu k opětovnému zavodnění;
- běžná teplota místnosti;
- přesné umístění elektrod (měření vleže – Quadscan);
- žádný dotyk částí těla;
- proband se nesmí pohybovat a musí být uvolněný a v klidu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 40).

Bunc et al. (2001) naznačuje, že i bioimpedanční metoda má své zdroje chyb, přičemž chyba při obsluze zařízení je zde velmi nízká a je spojena prakticky s umístěním a typem použitých elektrod. Obecně lze chyby vlastní metody rozdělit na chyby spojené se software a hardware a pohybovaly se ve výzkumu na úrovni 3 % nebo méně z měřené hodnoty.

Podle Lohmana (1992) lze v reálných podmínkách za kontrolovaného stavu hydratace a za použití správných predikčních rovnic počítat s chybou okolo 5–7 % z naměřené hodnoty, což je v pásmu tolerovatelných chyb při měření biologických veličin.

Podle Přidalové a Gáby (2012) je moderní přístrojová technika, která pracuje na principu BIA a umožňuje determinaci tělesného složení, prostředkem pro hodnocení tělesné zdatnosti, nadváhy, obezity, malnutricie, osteopenie, či osteoporózy, sarkopenie apod. Mnohé přístroje rovněž umožňují segmentální analýzu tukové, či svalové frakce (Tanita BC-418 MA, Tanita MC-180 MA, Bodystat®QuadScan 4000, InBody, 720, InBody 230), dále nám dávají informace o tukové a svalové rovnováze či dysbalanci z hlediska segmentů těla (trup, horní levá a pravá končetina, dolní levá a pravá končetina).

Shanholtzer a Patterson (2003) se ve své studii zabývali problematikou spolehlivosti metody BIA. Cílem studie bylo zjistit spolehlivost BIA při hodnocení TBW (total body water = celková tělesná voda), ECW (extracellular water = extracelulární voda) a ICW (intracellular water = intracelulární voda). Měření proběhlo za přesně stanovených podmínek a z výsledků vyplynulo, že metoda BIA je spolehlivá jak v čase, tak dle pohlaví a rovněž u jedinců trpících chronicky sníženou, či zvýšenou hydratací.

Metodu BIA můžeme s ohledem na hodnoty reliability a validity, které jsou uváděny v odborných studiích zabývající se nejen běžnou populací, ale i jedinci s pravidelnou pohybovou aktivitou, označit za dostatečně přesnou pro sportovní praxi. Pearsonovým koeficientem vyjádřené hodnoty reliability se v těchto studiích pohybovaly v rozmezí 0,74–0,99 (Jesensky-Squires et al., 2008; Kettanech et al., 2005; Kilduff, Lewis & Kingsley, 2007; Kutáč, 2010).

Metoda BIA byla rovněž srovnávána s hodnotami naměřenými pomocí DEXA a hodnoty validity vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem přesahovaly hodnotu 0,8 (Clark et al., 2004; De Lorenzo et al., 2000; Kutáč, Gajda, Přidalová, & Šmajstrla, 2008; Wilmerding et al., 2003).

Výsledky Gáby et al. (2011) podobně jako Gibson et al. (2008) a také Volgyi et al (2008) potvrzují, že InBody 720 mírně podhodnocuje FFM a mírně nadhodnocuje BFM ve srovnání s přístroji využívajícími DXA.

Podle studie Lim et al. (2009) jsou výsledky analýzy tělesného složení získané přístrojem InBody 720 považovány za velmi přesné, a to především u dětské a adolescentní populace.

### **3 CÍLE**

Cílem této práce je srovnání změn vybraných parametrů tělesného složení v průběhu ontogeneze dle metody bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje InBody 720 u sledovaného souboru chlapců staršího školního věku ze sportovních fotbalových tříd.

#### **Dílčí cíle:**

- Srovnání vybraných parametrů tělesného složení dle metody bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje InBody 720 v rámci opakovaných šetření.
- Analýza změn zdravotních ukazatelů tělesného složení v průběhu ontogeneze.
- Porovnání segmentální analýzy svalové hmoty dle metody bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje InBody 720.

#### **Výzkumné otázky:**

- 1) Mění se zastoupení tukové frakce u dětí staršího školního věku významně vzhledem k narůstajícímu zatížení v rámci fotbalového tréninku?
- 2) Ovlivňuje fotbalový trénink významně změny svalové frakce v průběhu ontogenetického vývoje?
- 3) Jsou fotbalovým tréninkem významně ovlivněny změny v zastoupení celkové tělesné vody a podíl intra- a extracelulární tekutiny v průběhu ontogeneze?

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Charakteristika souboru

Náš výzkum probíhal od listopadu 2008 do konce roku 2009. Celková doba výzkumu byla 14 kalendářních měsíců.

Výzkumem prošlo celkem 65 probandů, z nichž 29 jedinců ( $n=29$ ) se účastnilo všech třech měření a tvoří tak ucelenou skupinu, jejíž vývoj a jeho sledování po dobu výzkumu je hlavním tématem této práce.

Každý jedinec absolvoval měření tělesného složení pomocí metody bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje InBody 720 a bylo u něj provedeno rovněž antropometrické vyšetření (měření kožních řas, tělesných obvodů, otisk nohou).

Účastníky měření byli žáci sportovních tříd ZŠ Heyrovského v Olomouci se specializací na fotbal, konkrétně mladí hráči SK Sigma Olomouc hrající na nejvyšší úrovni ve své věkové kategorii v Moravskoslezské žákovské lize. Fotbalu se věnují průměrně od svých 7 let. Fotbalový trénink zabírá místo čtyřikrát týdně po 75 minutách a jednou týdně hrají šedesátiminutový zápas. Dále mají rozšířenou výuku tělesné výchovy na škole, a to v rozmezí 3 až 5 hodin týdně v závislosti na věku a navštěvované třídě.

Při prvním měření byl soubor charakterizován průměrným věkem 11,28 let. Průměrná výška činila 150,92 cm a hmotnost 40,00 kg. Při druhém měření byl průměrný věk 11,90 let. Průměrná výška byla 153,81 cm a hmotnost 42,66 kg. Při posledním třetím měření byl soubor charakterizován průměrným věkem 12,66 let. Průměrná výška byla 157,26 cm a hmotnost 46,02 kg.

Na obrázcích v přílohách 57–59 se nachází fotografie některých sledovaných probandů. Tabulka 1 v přílohách zachycuje seznam zkratk s vysvětlivkami. Tabulky 2, 3 a 4 v přílohách ukazují popisné charakteristiky somatických parametrů při jednotlivých měřeních. Tabulka 5 v přílohách zobrazuje přehled signifikantních rozdílů v průběhu šetření.

## 4.2 Průběh měření

Všichni probandi podstoupili antropometrické měření a dále měření na přístroji InBody 720. Měření probíhalo za standardních podmínek v laboratoři katedry přírodních věd v kinantropologii FTK UP v Olomouci v ranních a dopoledních hodinách. Jedinci na sobě měli pouze spodní prádlo a měření se uskutečnilo za pokojové teploty a dodržení všech hygienických podmínek, se souhlasem rodičů a etické komise FTK UP v Olomouci. Trenéři, kteří se zúčastnili měření, byli instruováni, jaké podmínky by měli jejich svěřenci před měřením dodržet.

## 4.3 Zpracování dat

Výsledky byly postupně vyhodnoceny softwarem Lookin'Body3 a dále zpracovávány v programech Microsoft Word a Excel 2007 a Statistica 10. Tělesná výška byla stanovena antropometricky antropometrem, s přesností na 0,5 cm. U jednotlivých metrických hodnot byla charakterizována míra polohy (aritmetický průměr), míra variability (směrodatná odchylka) a další základní statistické charakteristiky. K ověření statistické významnosti rozdílů průměrů byla použita jednofaktorová ANOVA. Hladina statistické významnosti byla zvolena na hladině  $p < 0,05$ .

## 4.4 Přístrojová technika

Pro odhad tělesného složení byl použit přístroj InBody 720, jehož výstupy slouží k podrobné analýze tělesného složení na základě multifrekvenční metody bioelektrické impedance.

InBody 720 (Biospace, Soul, Jižní Korea) je přístroj pracující se střídavým elektrickým proudem 250  $\mu$ A s frekvencí 1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz.

Metoda BIA ve spojení s přístrojem InBody 720 je považována za dostatečně validní a reliabilní pro široké spektrum populace (Malavolti et al., 2003; Gibson et al., 2008; Lim et al., 2009).

## InBody 720

Přístroj InBody 720 využívá segmentální měření. Při této technologii je tělo rozděleno na pět válců – horní a dolní končetiny a trup, přičemž impedance je měřena samostatně pro každý segment a výsledky jednoho segmentu tak neovlivňují měření v segmentu druhém. Data jsou tak poměrně velice přesná.

InBody 720 vysílá elektrický proud o frekvencích 5, 20, 250, 500 a 1000 kHz, aby detekoval dokonce i ty nejmenší změny v tělesné kapalině a poskytuje tak užitečné informace o otocích, podvýživě a stařeckých nemocech (Anonymous. Retrieved 2. 4. 2013 from the World Wide Web: <http://www.biospace.cz/soubory/pdf/co-je-analyza-slozeni-tela.pdf>).

Tělesná hmotnost je při bioelektrické impedanční analýze přístrojem InBody 720 rozdělena na tři složky – celkovou tělesnou vodu, která se dále diferencuje na intra- a extracelulární tekutinu, sušinu, kterou představují proteiny a minerály a tělesný tuk. K měření slouží osm dotykových elektrod (dvě na plosce nohy – přední segment a pata, dvě na ruce – dlaň a palec), díky nimž je umožněno analyzovat pět základních tělesných segmentů (pravá a levá horní a dolní končetina a trup) nezávisle na sobě ([www.biospace.cz](http://www.biospace.cz)).



**Obrázek 21.** Měření na přístroji InBody 720 (upraveno dle <http://www.inbody.cz/inbody720.php>)



Na obrázku 21 můžeme vidět správný postoj testované osoby při měření přístrojem InBody 720. Paže jsou volně a mírně od těla, madla jsou sevřena uložena v rukou. Dolní končetiny jsou mírně roztaženy a nohy jsou v kontaktu s elektrodami ve spodní části přístroje.

**Pro přesné měření na InBody 720 je nutné dodržení standardních podmínek:**

- měření před jídlem (nejméně 2 hodiny po posledním jídle);
- před měřením použít toaletu (moč a odpadní látky jsou vyhodnocovány jako tuk);
- před měřením necvičit;
- stát v klidu asi 5 minut (tendence přesunu vody do spodní části těla);
- test neprovádět po sprchování nebo saunování;
- udržování normální teploty v místnosti (20–25°C);
- opakovaný test provádět při identických podmínkách (šaty, před cvičením atd.);
- správné držení těla;
- zadání přesných osobních údajů;
- správné držení rukojeti a postavení na podložce pro chodidla (podle <http://www.inbody.cz/soubory/lookin-body/vyklad-vysledku-a-aplikace-inbody720.pdf>).

**InBody 720 poskytuje tyto výsledky analýzy:**

- celková tělesná voda, vnitrobuněčná voda, mimobuněčná voda;
- tukuprostá hmota, svalová hmota, kostní a svalová hmota, svalová hmota v jednotlivých tělesných částech, procento svaloviny v jednotlivých tělesných částech, proteiny, kostní/mimokostní minerály;
- tuková hmota, procentuální podíl tělesného tuku, vnitřní (viscerální) tuk;
- celkový edém, edém v jednotlivých tělesných částech;
- tělesná vyváženost, tělesná síla, zdravotní diagnóza;
- nutriční diagnóza (proteiny, minerály, tuk, edém);
- hmotnost, cílová hmotnost, kontrola hmotnosti, tuková kontrola, svalová kontrola, stav tělesné zdatnosti, stupeň oezity, BCM, MC, BMR, AC, AMC;

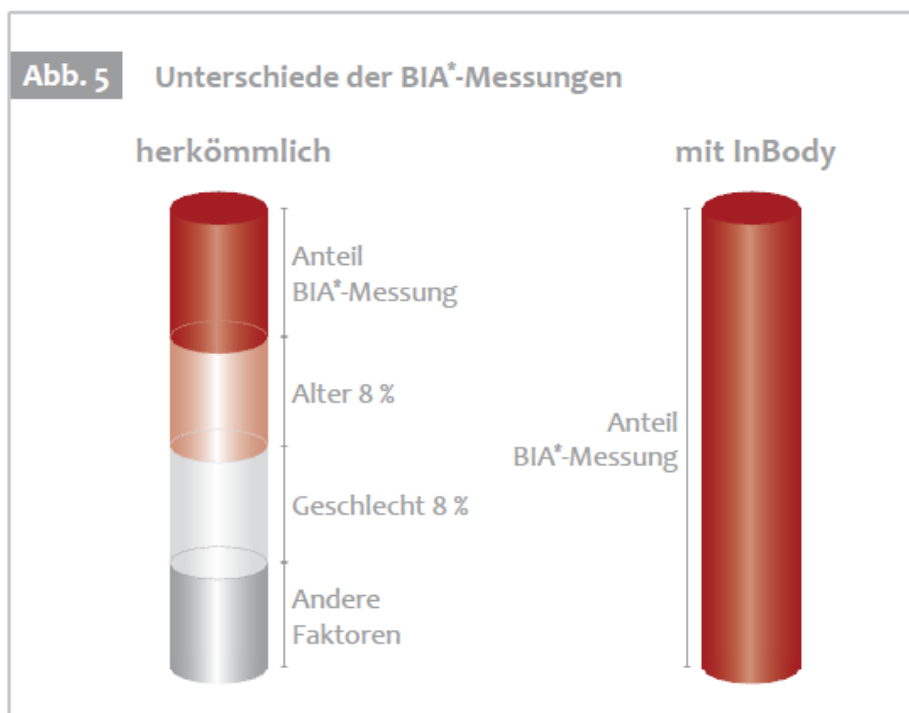
- impedance v jednotlivých tělesných částech stanovené každou frekvencí zvlášť;
- historie tělesného složení (výsledky až 10 testů) (<http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>).

Více informací ohledně specifikace přístroje InBody 720 je k dispozici v tabulce 6 v přílohách.



**Obrázek 22.** Osmibodový systém měření přístroje InBody 720 (podle <http://www.inbody.de/pdf/inBodyInfo.pdf>)

Rozmístění osmi elektrod sloužících pro měření na přístroji InBody 720 vidíme na obrázku 22. Tato technologie je velice precizní a přesná a zaručuje spolehlivou opakovatelnost měření. Výsledek umožňuje přímé a individuální vyhodnocení naměřených výsledků bez negativního ovlivnění dopočítáváním a odhadováním, které bylo nutné u dřívějších metod BIA (Anonymous. Retrieved 19. 2. 2010 from the World Wide Web: <http://www.inbody.de/pdf/inBodyInfo.pdf>).



**Obrázek 23.** Rozdíly mezi měřením metodou BIA v tradičním smyslu a přístrojem InBody 720 (podle <http://www.inbody.de/pdf/inBodyInfo.pdf>)

Přístroj InBody 720 umožňuje díky jeho přesnosti jednoduché měření s validními výsledky. Měření pomocí dřívějších BIA metod muselo být doplňováno dalšími důležitými faktory, jako např. věk a pohlaví. Přesnost těchto metod byla pak samozřejmě nižší (Obrázek 23).

Podrobná specifikace přístroje InBody 720 od výrobce se nachází v tabulce 6 v přílohách.

### ***Fitness Score***

Fitness score představuje celkový výsledek tělesné zdatnosti jedince. Vychází z poměru zastoupení jednotlivých složek tělesného složení (tuk, kosterní svalstvo). Tento výsledek je ukazatelem, který slouží vyšetřované osobě, aby porozuměla stavu svého těla. Pro slabý, obézní typ jedince je hodnota score určena 70 nebo méně jednotkami, normální, zdravý typ jedince by měl dosahovat hodnoty 70–90 jednotek a jako silný typ je označován jedinec při hodnotě vyšší 90 jednotek. Cílem je motivace jedince, který při opakovaném měření může jasně vidět změny v jeho tělesném složení (Biospace, 2008).

## 4.5 Sledované somatické parametry

Pro účely diplomové práce byly sledovány následující parametry.

### **a) základní antropometrické charakteristiky**

- tělesná výška (cm);
- tělesná hmotnost (kg).

### **b) tělesné komponenty**

- celková tělesná voda (TBW; kg, PTBW; %) – je dána součtem intracelulární (ICW; l; %) a extracelulární tekutiny (ECW; l; %);
- tukuprostá hmota – absolutní zastoupení (FFM; kg);
- štíhlá tělesná hmota (SLM; kg);
- kosterní svalstvo (SMM; kg);
- proteiny (PM; kg);
- množství minerálů v kostní hmotě (BMC; kg);
- tělesný tuk – absolutní (BFM; kg) a relativní zastoupení (PBF; %);
- buněčná hmota (BCM; kg);
- mimobuněčná hmota (ECM; kg).

### **d) segmentální analýza kosterního svalstva**

- absolutní a relativní zastoupení kosterního svalstva na pravé (RA kg; kg, RA %; %) a levé horní končetině (LA kg; kg, LA %; %);
- absolutní a relativní zastoupení kosterního svalstva na trupu (TR kg; kg, TR %; %);
- absolutní a relativní zastoupení kosterního svalstva na pravé (RL kg; kg, RL %; %) a levé dolní končetině (LL kg; kg, LL %; %).

**c) somatické indexy (zdravotní ukazatelé tělesného složení)**

- body mass index (BMI;  $\text{kg/m}^2$ ) = tělesná hmotnost (kg)/tělesná výška ( $\text{m}^2$ );
- body cell mass index (BCMI;  $\text{kg/m}^2$ ) = buněčná hmota (kg)/tělesná výška ( $\text{m}^2$ );
- fat-free mass index (FFMI;  $\text{kg/m}^2$ ) = tukuprostá hmota (kg)/tělesná výška ( $\text{m}^2$ );
- body fat mass index (BFMI;  $\text{kg/m}^2$ ) = tuk (kg)/tělesná výška ( $\text{m}^2$ );
- index ECM/BCM = mimobuněčná hmota (kg)/buněčná hmota (kg).

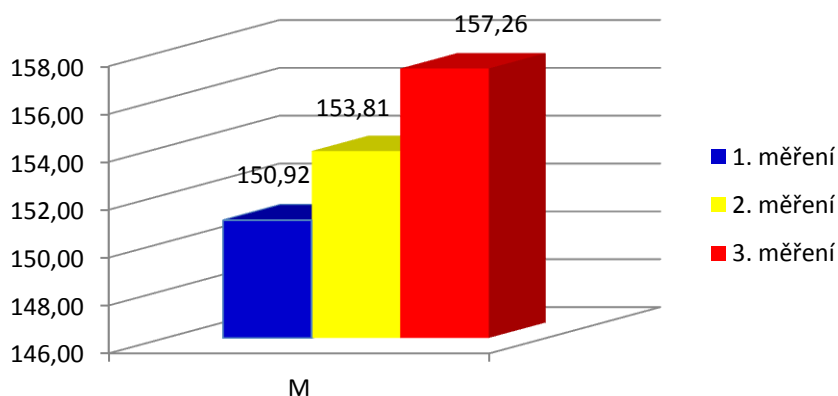
## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Základní statistické charakteristiky vybraných somatických parametrů vztahujících se k tělesnému složení v průběhu jednotlivých měření jsou součástí tabulek 2, 3 a 4 v přílohách. Tabulka 1 v přílohách zachycuje seznam zkratk s vysvětlivkami. Přehled signifikantních rozdílů mezi měřeními se nachází v tabulce 5 v přílohách.

Průměrný věk našeho souboru se pohyboval od 11,28 let do 12,66 let. Průměrná tělesná výška se zvýšila z 150,92 cm při prvním měření na 157,26 při třetím měření. Průměrná hmotnost stoupla ze 40,00 kg na 46,02 kg v průběhu našich tří měření.

Většina hlavních námi sledovaných parametrů (mimo BFM, PBF a SMM) vykazuje v průběhu šetření signifikantní rozdíly mezi jednotlivými měřeními.

### 5.1 Srovnání stavu vybraných somatických znaků



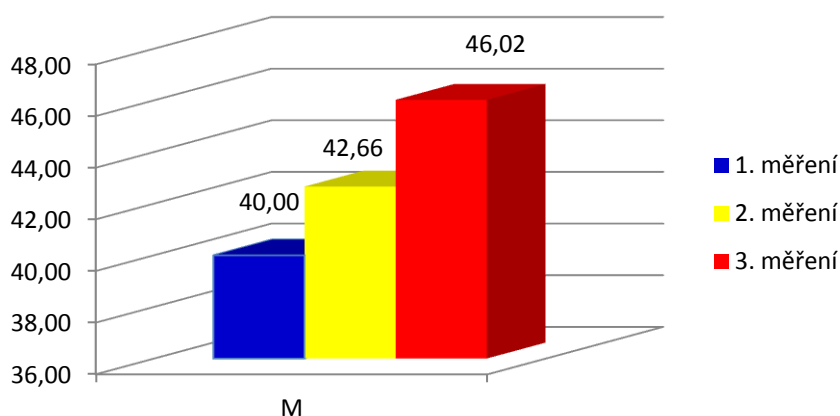
**Obrázek 24. Vývoj tělesné výšky (cm)**

Na obrázku 24 vidíme vývoj tělesné výšky v cm v průběhu našich tří měření v průměrných hodnotách. Hodnoty se postupně zvyšují. Mezi prvním a druhým měřením je rozdíl v nárůstu tělesné výšky nižší než mezi druhým a třetím měřením. Tělesná výška v prvním měření činí 150,92 cm. Při druhém měření se

tělesná výška zvýšila na 153,81 cm a při třemím měření pak dále až na 157,26 cm. Rozdíly jsou signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

Naše výsledky jsou velice podobné průměrným hodnotám stanoveným Machovou (2005), které jsou uvedeny v tabulce 2. Rovněž Lim et al. (2009) popisuje u zdravých korejských dětí obdobné hodnoty (Tabulka 7 v podkapitole 2.4).

Bláha et al. (2006) uvádí průměrnou výšku chlapců v 11 a 12 letech, která byla stanovena při 6. celostátním antropologickém výzkumu dětí a mládeže v roce 2001. Tato činila 149,7 cm, resp. 156,8 cm. U našeho souboru jsou tyto hodnoty vyšší, pozorujeme tak rostoucí trend tělesné výšky, resp. záměrný selektovaný výběr jedinců do sportovních tříd.

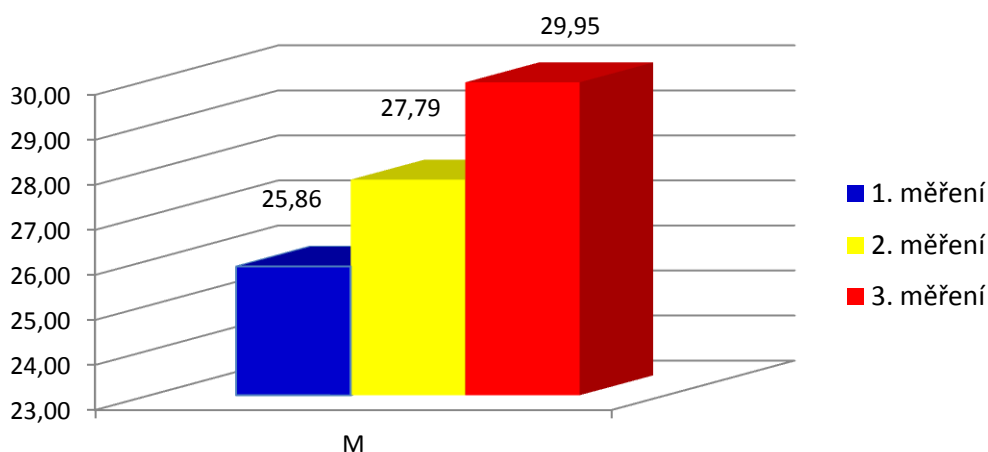


### Obrázek 25. Vývoj tělesné hmotnosti (kg)

V grafu na obrázku 25 vidíme průměrnou tělesnou hmotnost souboru v průběhu tří měření, která se zvýšila ze 40,00 kg v prvním měření na 46,02 kg u třetího měření. Větší nárůst pozorujeme mezi druhým a třetím měřením. Stoupající tendence odpovídá ontogenetickému vývoji v tomto věkovém období. Rozdíly mezi měřeními jsou signifikantní, což dokládá tabulka 5 v přílohách.

Podle referenčních hodnot z InBody 720 je optimální tělesná hmotnost v tomto věkovém období 45,36–51,29 kg. Námi naměřené hodnoty jsou tedy nižší.

Všechny hodnoty jsou také mírně nižší než průměry uváděné Machovou (2005). Bláha et al. (2006) uvádí hodnoty pro věkové kategorie 11,00–11,99 a 12,00–12,99. Prvně jmenovaná věková kategorie měla průměrnou tělesnou hmotnost 41,3 kg, zatímco u druhé dosáhla tělesná hmotnost hodnoty 47,0 kg. Hodnota u našeho souboru byla při prvním a třetím měření (průměrný věk 11,28, resp. 12,66 let) nižší a při druhém měření (průměrný věk 11,90 let) vyšší než hodnoty z celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže z roku 2001. Tabulka 7 znázorňuje hodnoty zdravých korejských dětí. Průměrný věk 11,10 let, který odpovídá věku naší skupiny při prvním měření, je charakterizován tělesnou hmotností 36,80 kg (naše 40,00 kg) a průměrný věk 12,90 let, odpovídající našemu třetímu měření pak hodnotou tělesné hmotnosti 53,20 kg (naše 46,02 kg). V prvním případě jsou výsledky našeho šetření vyšší, v druhém naopak nižší.



*Poznámka: TBW – celková tělesná voda*

### **Obrázek 26. Vývoj celkové tělesné vody (TBW; kg)**

Obrázek 26 jasně znázorňuje zvyšující se absolutní zastoupení celkové tělesné vody v průběhu tří měření. Při prvním měření dosáhla celková tělesná voda 25,86 kg a během dalších dvou měření došlo k navýšení asi o 2kg v průměru. Při druhém měření tak zaznamenáváme hodnotu 27,79 kg a při třetím měření se hodnota zvýšila na 29,95 kg. Rozdíly se ukázaly jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

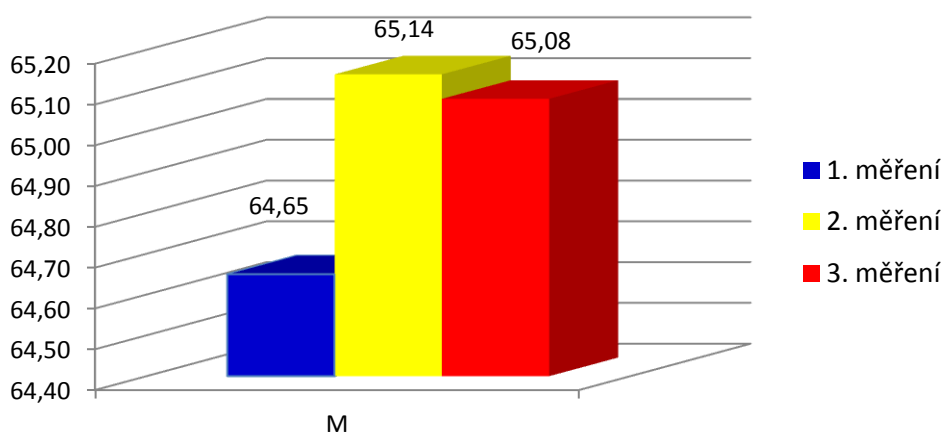


Referenční hodnoty pro celkovou tělesnou vodu z InBody 720 jsou v rozmezí 28,24–31,92 kg, přičemž námi naměřené hodnoty jsou tedy nižší, a to celkem výrazným rozdílem.

Skorocká (2005) ve své studii dospěla k téměř totožným výsledkům jako my při 1. měření. Uvádí průměrnou hodnotu TBW 25,71 kg, přičemž její soubor odpovídá věkem i tělesnou výškou, dokonce i tělesnou aktivitou našemu souboru při 1. měření.

Bunc (2006) publikoval studii, které se účastnilo 756 chlapců z ČR ve věku 6–14 let. Dospěl k průměrnému výsledku zastoupení TBW  $22,5 \pm 3,4$  kg při průměrném věku  $10,1 \pm 2,8$  let. Naš soubor se do tohoto rozmezí daného směrodatnou odchylkou dostává pouze při prvním měření, a to jenom těsně. Při dalších měřeních jsou naše výsledky TBW vyšší.

Kutáč (2012) uvádí ve své studii, které se účastnilo 24 hráčů ledního hokeje v průměrném věku 14,57 let, hodnoty TBW 42,95 kg (Tabulka 6). Tato hodnota je vyšší než námi naměřené hodnoty.



*Poznámka: PTBW - procento celkové tělesné vody*

### **Obrázek 27. Vývoj celkové tělesné vody (PTBW; %)**

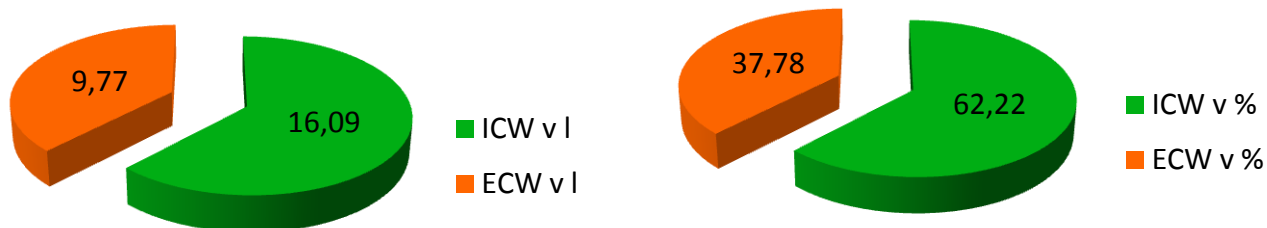
Relativní zastoupení celkové tělesné vody v průběhu našich tří měření ukazuje obrázek 27. Procentuální zastoupení není přímým výstupem z přístroje InBody 720, nýbrž bylo následně ručně dopočítáno z absolutních hodnot TBW a tělesné hmotnosti v kg. Pro tento parametr není zjištěna signifikance rozdílů

mezi měřeními. Hodnoty se od sebe příliš neliší, přesto ale můžeme konstatovat zvýšení mezi prvním a druhým měřením a následné mírné snížení PTBW mezi druhým a třetím měřením.

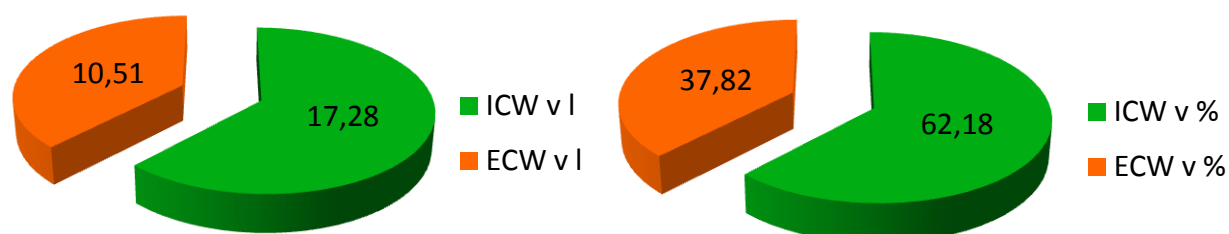
Optimální podíl celkové tělesné vody by se měl u dětí pohybovat mezi 65–75 % (Anonymous (n. d.). Übersicht der im GMON verwendeten Bewertungsbereiche. Retrieved 25. 3. 2013 from the World Wide Web: [http://www.gmon.info/man\\_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereich\\_e4.htm](http://www.gmon.info/man_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereich_e4.htm)) (Tabulka 16). Na obrázku 27 vidíme, že při prvním měření byla naměřena hodnota těsně pod uvedeným průměrem a při dalších dvou měřeních se hodnoty nachází na spodní hranici optimálních hodnot. Podle WHO jsou optimální hodnoty u celkové tělesné vody u dětí také v rozmezí 60–75 %, čemuž náš soubor odpovídá.

Bunc (2006) uvádí ve výše zmiňované studii relativní hodnoty TBW pro chlapce ve věku 11 let, což odpovídá věku naší skupiny při prvním měření,  $64,30 \pm 3,00$  %. Chlapcům ve věku 12 let připadá hodnota  $63,70 \pm 3,20$  %;  $62,40 \pm 3,60$  % je hodnota pro chlapce ve věku 13 let. V případě naší skupiny při prvním měření, kdy je průměrný věk probandů stanoven jako 11,28 let, je výsledek  $64,65$  %. Druhé měření s průměrným věkem 11,90 let vykazuje hodnotu  $65,14$  % a při třetím měření s průměrným věkem 12,66 let jsme naměřili hodnotu  $65,08$  %. Naše výsledky tak odpovídají s výsledky Buncovy studie. K podobným výsledkům dospěla studie Bunce et al (2000), při které bylo měřeno 66 chlapců ve věkovém rozmezí 6–14 let. Relativní hodnota TBW byla  $63,2 \pm 2,9$  %.

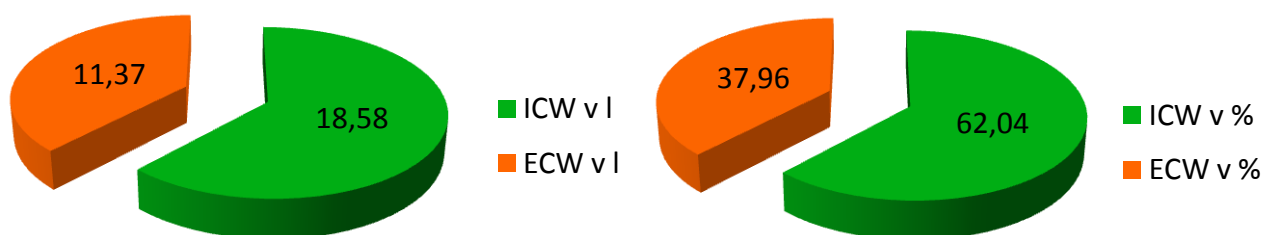
V tabulce 6 jsou prezentovány výsledky Kutáčovy (2012) studie u téměř 15-ti letých hráčů ledního hokeje. Vidíme zde hodnotu TBW  $61,83$  %. Tato hodnota je nižší než hodnoty našich měření, což dokazuje trend snižování této komponenty tělesného složení v průběhu ontogeneze.



**Obrázek 28. Podíl průměrných hodnot ICW a ECW v l a v % při 1. měření**



**Obrázek 29. Podíl průměrných hodnot ICW a ECW v l a v % při 2. měření**



*Poznámka: ICW – intracelulární voda;*

*ECW – extracelulární voda*

**Obrázek 30. Podíl průměrných hodnot ICW a ECW v l a v % při 3. měření**

Na obrázcích 28–30 vidíme průměrné hodnoty ICW a ECW v litrech a rovněž jejich podíl na TBW v procentech. Absolutní hodnoty ICW i ECW se v průběhu našich tří měření zvyšují. Relativní podíl ECW se také mírně zvyšuje, zatímco relativní podíl ICW mírně klesá. Rozdíly mezi měřeními v průběhu celého našeho

šetření se u obou pozorovaných parametrů jeví jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

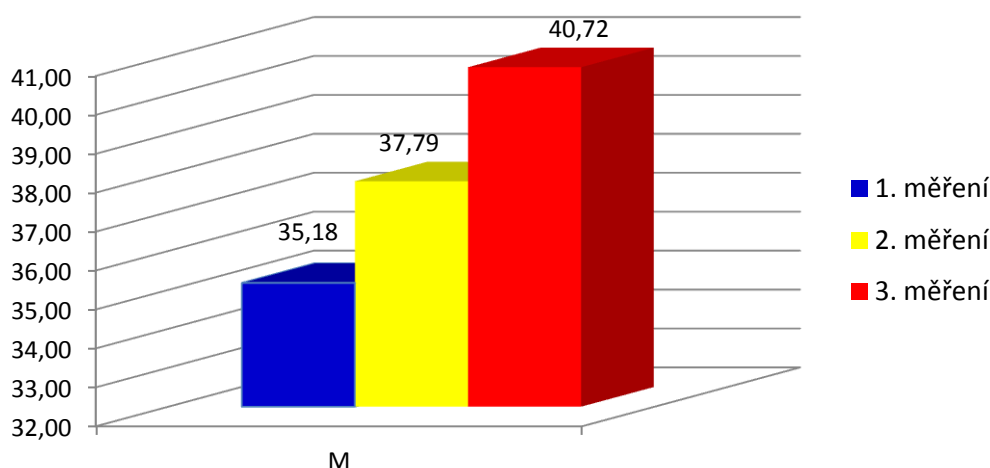
InBody 720 udává referenční hodnoty ICW v tomto věkovém období v rozmezí 17,50–19,79 l, pro ECW pak 10,73–12,12 l. Ve všech případech jsme u našeho souboru naměřili v průběhu šetření hodnoty nižší.

Podle Rokyty (2008) se hodnota ECW u dospělého pohybuje kolem 33 % a hodnota ICW kolem 66 %.

Silva et al. (2005) popisuje, že hodnoty ECW jsou u dětí vyšší než u dospělých a hodnoty ICW naopak nižší, což potvrzují i výsledky našich měření.

Bunc et al. (2000) prezentoval ve své studii výsledky  $48,6 \pm 3,1$  % pro hodnotu ECW u souboru ve věkovém rozmezí 6–14 let. Tato hodnota je vyšší než hodnoty naměřené u našeho souboru prezentované na obrázcích 26–28. Pro hodnotu ICW je ve studii uváděna hodnota  $51,4 \pm 3,9$  %, která je naproti tomu nižší než hodnoty našeho souboru. Dále je zde rovněž podpořen fakt, že hodnoty ECW jsou v dětství vyšší než v dospělosti a naopak hodnoty ICW nižší v dětství než v dospělosti.

Skorocká (2005) uvádí pro ICW hodnotu 17,71 l a pro ECW hodnotu 8,00 l. Jak jsem již výše uvedl, tělesnou výškou i věkem odpovídá soubor v její studii našemu souboru při 1. měření. V případě našeho souboru vidíme rozdíl oproti výsledkům Skorocké o více než 1,5 l u obou parametrů. V případě ICW jsme naměřili hodnoty nižší a v případě ECW naopak vyšší.



*Poznámka: FFM – tukuprostá hmota v kg*

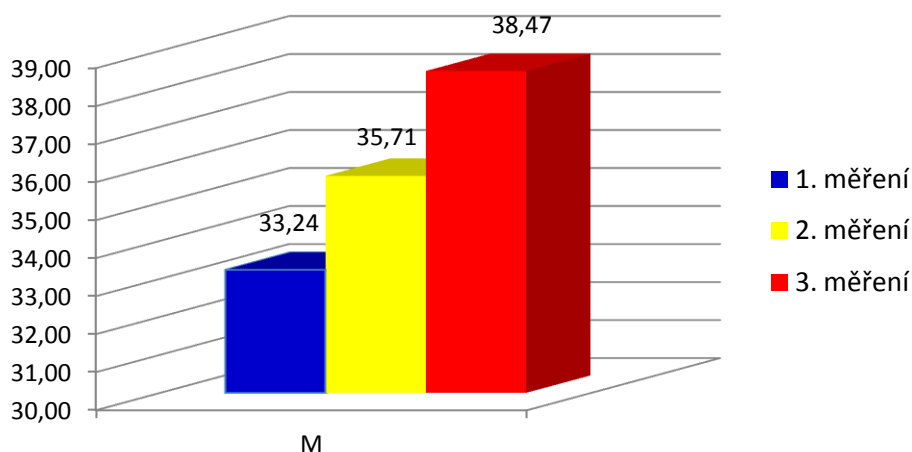
### **Obrázek 31. Vývoj tukuprosté hmoty (FFM; kg)**

Množství FFM narůstalo v průběhu sledování z hodnoty 35,18 kg při prvním měření na hodnotu 40,72 kg v závěrečném měření (Obrázek 31). Mezi prvním a druhým měřením pozorujeme rozdíl více než 2,5 kg ve prospěch druhého měření. Mezi druhým a třetím pak pozorujeme nárůst o téměř 3 kg. Rozdíly mezi měřeními byly vyhodnoceny jako signifikantní, což dokazuje tabulka 5 v přílohách.

Pro průměrný věk 11,10 let uvádí Lim et al. (2009) hodnotu 29,10 kg; pro průměrný věk 12,90 let pak hodnotu 41,10 kg (Tabulka 7). První údaj odpovídající naší skupině při 1. měření má nižší hodnotu než u našeho souboru, což je pravděpodobně způsobeno posilováním v rámci tréninkového zatížení našeho souboru. V druhém případě má naše skupina při 3. měření tyto hodnoty nižší. Je však nutné podotknout, že i průměrný věk naší skupiny při 3. měření je nižší, což může ovlivňovat tohle porovnání.

Kutáč (2012) uvádí hodnotu 58,66 kg u hráčů ledního hokeje v průměrném věku 14,57 let. Tato vyšší hodnota než u našeho souboru dokazuje nárůst FFM v průběhu ontogeneze. V případě přepočítání na relativní hodnoty jsou výsledky našich měření 85,53 % v 1. měření, 88,58 % v 2. měření a 88,48 % v 3. měření. Kutáč (2012) uvádí v případě relativního zastoupení hodnotu 84,46 % (Tabulka 6). Hodnoty námi měřeného souboru jsou vyšší.

Kyle et al. (2004) uvádí pro věkovou kategorii 18–24 let hodnotu FFM pro pasivní a aktivní jedince. U pasivních popisuje hodnotu 60,10 kg, u aktivních 59,60 kg (Tabulka 15). Tento parametr se tedy v průběhu ontogeneze zvyšuje.

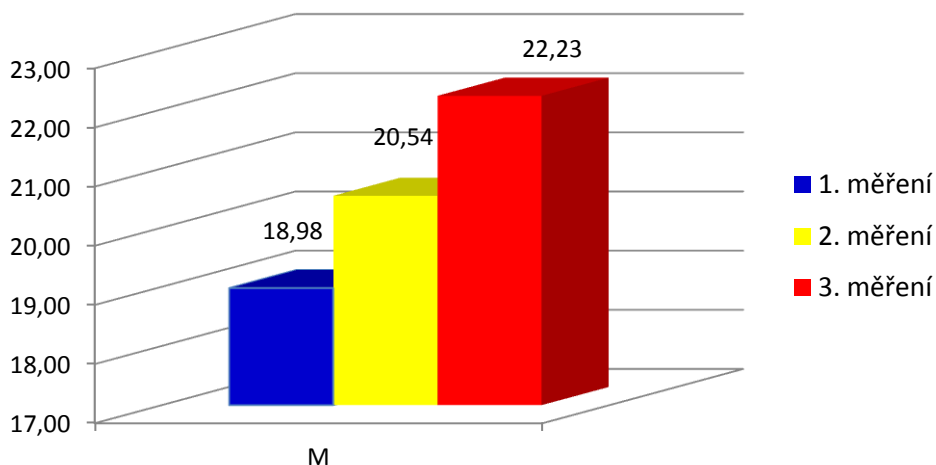


*Poznámka: SLM – štíhlá tělesná hmota v kg*

### **Obrázek 32. Vývoj štíhlé tělesné hmoty (SLM; kg)**

Graf na obrázku 32 znázorňuje vývoj štíhlé tělesné hmoty v průběhu našeho šetření. Hodnota SLM se zvýšila z hodnoty 33,24 kg při prvním měření na hodnotu 38,47 při závěrečném měření. Mezi prvními dvěma měřeními pozorujeme nárůst o téměř 2,5 kg. Výsledek závěrečného měření ukazuje hodnotu téměř o 3 kg vyšší, než byl výsledek měření druhého. Tabulka 5 v přílohách dokládá, že zde nacházíme signifikantní rozdíly mezi měřeními.

Demuth et al. (2011) uvádí pro běžnou populaci chlapců ve věku 15–18 let v roce 2006 hodnotu 78,37 %, v roce 2008 pak 79,77 %. Přepočítáme-li naše absolutní výsledky na relativní podíl, dostáváme hodnoty 83,10 % v prvním měření, 83,71 % ve druhém měření a 83,59 % v třetím měření. U chlapců atletů pak Demuth et al. (2011) uvádí hodnoty 87,47 % v roce 2006 a 89,99 % v roce 2008 (Tabulka 4 a 5). Vzhledem k věku lze u našeho souboru v dalším průběhu ontogeneze očekávat obdobné výsledky.



*Poznámka: SMM – kosterní svalstvo v kg*

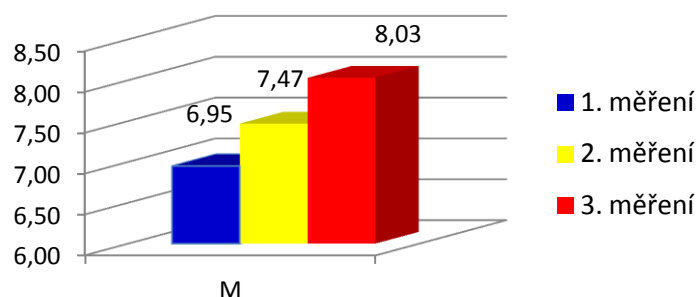
### **Obrázek 33. Množství kosterního svalstva (SMM; kg)**

Na obrázku 33 vidíme zvyšující se množství kosterního svalstva v kg v průběhu našich tří měření. Hodnota SMM stoupla z 18,98 kg při prvním měření na hodnotu 22,23 kg při třetím měření. Mezi jednotlivými měřeními pozorujeme nárůst o více než 1,5 kg. Rozdíly mezi měřeními v rámci našeho šetření se ukázaly jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

Dle InBody 720 se referenční hodnoty v tomto věkovém období pohybují v rozmezí 20,73–23,74 kg. Hodnoty naměřené při našem šetření jsou tedy nižší.

Porovnání můžeme nalézt ve výsledcích studie Balla a Matejovičové (2006), kteří zjistili hodnoty 17,33 kg a 20,93 kg pro věkovou kategorii 12 let, resp. 13 let. Výsledky našeho souboru jsou pro zmíněné dvě věkové kategorie podstatně vyšší. Důvodem takového rozdílu je pravděpodobně rozdílný objem a intenzita pohybové aktivity. Hodnoty SMM jsou u našeho souboru trénovaných jedinců vyšší.

Ruiz et al. (2005) (Tabulka 8) naměřil u 18-ti španělských chlapců hrajících fotbal na výkonnostní úrovni hodnotu SMM 45,90 kg, která je podstatně vyšší než námi naměřené hodnoty. Odpovídá to však trendu aktivního přibývání SMM v průběhu ontogeneze.

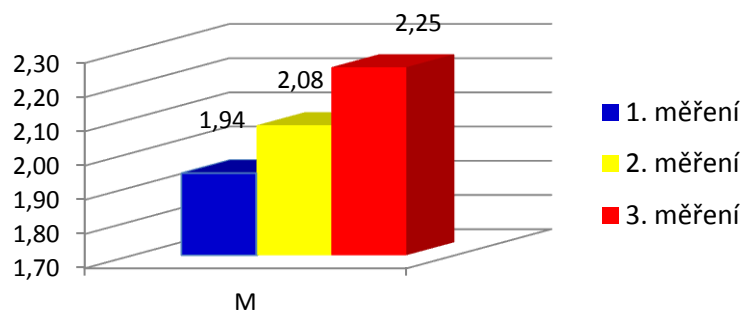


Poznámka: PM – proteiny v kg

### Obrázek 34. Vývoj zastoupení proteinů (PM; kg)

Na obrázku 34 můžeme pozorovat nárůst hodnoty proteinů v průběhu našich tří měření v průměru o 0,5 kg. Tyto hodnoty a jejich stoupající tendence jsou odpovídající očekáváním zvyšování zastoupení proteinů v průběhu ontogeneze. Zastoupení proteinů se v průběhu třech měření zvyšovalo z průměrné hodnoty 6,95 kg na hodnotu 8,03 kg a rozdíly se ukázaly jako signifikantní, dokládá to tabulka 5 v přílohách.

Referenční hodnoty dle InBody 720 jsou 7,58–8,55 kg, přičemž v průběhu našeho šetření byly hodnoty nižší.



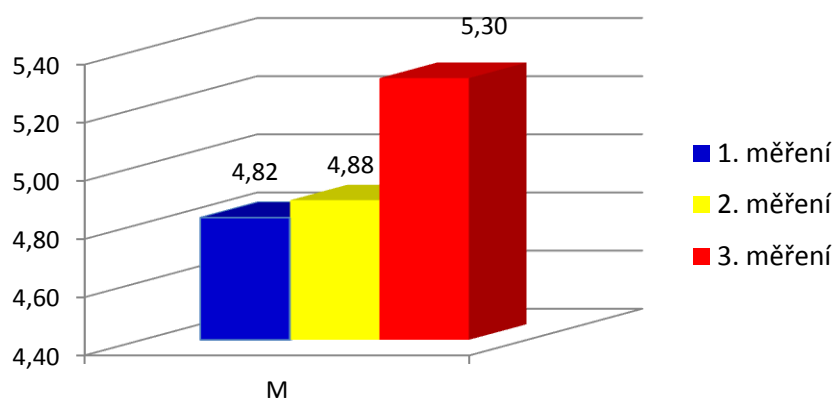
Poznámka: BMC – množství minerálů v kostní hmotě v kg

### Obrázek 35. Vývoj množství minerálů v kostní hmotě (BMC; kg)

Na obrázku 35 vidíme postupné zvyšování množství minerálů v kostní hmotě v průběhu ontogeneze v rámci našeho šetření z 1,09 kg na 2,25 kg. Rozdíly mezi měřeními se jeví jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

Referenční hodnoty v tomto věkovém období jsou podle InBody 720 v rozmezí 2,61–2,95 kg. Naše výsledky zachycují nižší množství.





*Poznámka: BFM – celkový tělesný tuk v kg*

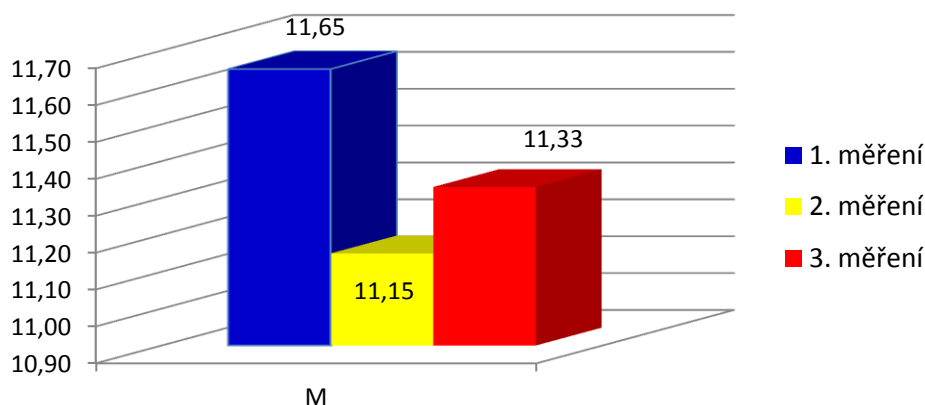
### **Obrázek 36. Vývoj celkového tělesného tuku (BFM; kg)**

Obrázek 36 znázorňuje nárůst celkového tělesného tuku v absolutních hodnotách v průběhu tří měření. Mezi prvními dvěma měřeními je zvýšení tukové hmoty minimální, mezi druhým a třetím měřením zaznamenáváme nárůst o 0,42 kg. Rozdíly se nejeví jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách)

Balla a Matejovičová (2006) při své studii, které se účastnilo 300 chlapců ze základních škol na Slovensku, zjistili hodnoty podílu tuku pro věkové kategorie 12–15 let. Průměrný podíl hmotnosti tuku v kg pro věkovou kategorii 12 let vyšel 6,74 kg a pro věkovou kategorii 13 let pak 6,82 kg. V obou věkových kategoriích pozorujeme při srovnání s naším souborem znatelný rozdíl, přičemž hodnoty naměřené u našeho souboru jsou nižší.

Kutáč (2012) pro vyšší věkovou kategorii (14,57 let) uvádí hodnotu BFM 10,88 kg (Tabulka 6), která je podstatně vyšší než u našeho souboru. Příčinou může být rozdílná sportovní disciplína (hokej, fotbal) a také věk, což by dokazovalo spolu s našimi třemi měřeními tendenci nárůstu BFM v průběhu ontogeneze.

Lim et al. (2009) pro věk 11,10 let popisuje hodnotu 7,10 kg, pro věk 12,90 let pak 12,90 kg (Tabulka 7). Obě hodnoty jsou vyšší než námi naměřené. Důvodem zde může být vyšší fyzické zatížení jedinců našeho souboru.



*Poznámka: PBF – procento celkového tělesného tuku*

### **Obrázek 37. Vývoj celkového tělesného tuku (PBF; %)**

Na obrázku 37 vidíme relativní hodnoty tukové hmoty v průběhu všech tří měření. Při prvním měření dosáhla hodnota PBF 11,65 %. Následovalo její snížení na 11,15 % při druhém měření. Při třetím měření hodnota PBF oproti druhému měření mírně stoupla na hodnotu 11,33 %. Nejvyšší hodnotu PBF tedy pozorujeme při prvním měření. Rozdíly nejsou signifikantní (Tabulka 5 v přílohách). Tyto nízké hodnoty je pravděpodobně možné přisoudit vlivu vysokého zatížení, v našem případě fotbalového tréninku, kvůli němuž je tak tělesný tuk udržován na takto nízkých hodnotách.

Podle Heywarda a Wagnera (2004, Tabulka 9), kteří uvádějí průměrné hodnoty % tuku 11–25 pro věkovou kategorii 6–17 let, můžeme výsledky všech našich tří měření označit jako průměrné (na dolní hranici). Srovnáme-li naše výsledky podrobněji s výsledky výzkumů podle tabulky 10, kde optimální hodnoty % tuku činí 13–23 pro věk 11–12 let, resp. 12–22 % pro věkovou kategorii 13 let, musíme konstatovat, že výsledky pro jednotlivé věkové kategorie jsou v našem šetření nižší než doporučené. Ještě podrobnější analýzu můžeme provést díky výzkumu pro firmu Tanita, jehož výsledky nalezneme na obrázku 6. Hodnoty označené jako zdravotně optimální jsou v rozmezí 12–23 %, resp. 12–22% pro věk 11–12 let, resp. 13 let. Pozorujeme tak, že ve všech třech měřeních jsou naše výsledky pod hranicí optima. Nicméně výše uvedené výsledky jiných šetření nejsou provedené u mládeže s vysokým tréninkovým zatížením, jako je tomu u měření našeho souboru.

Bunc (2006) uvádí ve své studii, které se účastnilo 756 chlapců rozdílné úrovně aerobní zdatnosti z České republiky, tyto hodnoty tukové hmoty: pro věk 11 let  $19,5 \pm 3,0$  %, pro věk 12 let  $18,2 \pm 3,1$  % a pro věk 13 let  $17,9 \pm 2,9$  % (Tabulka 11). Z výsledků je zřejmé, že Buncem (2006) naměřené hodnoty ve zkoumaných věkových kategoriích jsou podstatně vyšší, než hodnoty zjištěné při našem šetření.

Kyle et al. (2004) popisuje pro věkovou skupinu 18–24 let se sedavým způsobem života hodnotu 16,4 %, pro aktivní pak 15,6 % (Tabulka 12). Zde vidíme naopak již znatelný nárůst oproti námi naměřeným hodnotám. Pro aktivní děti je tedy typické nejdříve snižování PBF, aby v mládí mohla tato hodnota opět vzrůstat.

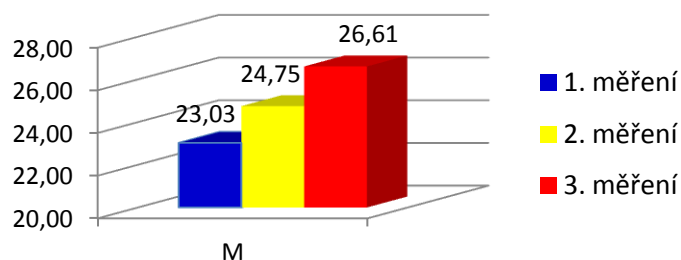
Hodnoty podobné našim naměřeným nalézáme ve studii Ruiz et al. (2005). Měřeno bylo v tomto případě několik věkových skupin fotbalových hráčů ze Španělska. Jako nejvhodnější ke srovnání se pro nás jeví skupina ve věku 14 let. Výsledek relativního podílu tukové hmoty je pro tuto skupinu  $11,4 \pm 0,5$  %.

Výsledky věkové kategorie 12 a 13 let můžeme srovnat s výsledky studie Balla a Matejovičové (2006). 11,71 % pro věk 12 let a 14,39 pro věk 13 let. Pro kategorii ve věku 12 let můžeme konstatovat, že výsledky se mírně podobají naší skupině. Pro věkovou kategorii 13 let jsme ale naměřili podstatně nižší hodnoty.

Studie Bunce et al. (2000) dokládá u 66 chlapců ve věku 6–14 let hodnotu celkového tělesného tuku  $19,7 \pm 5,3$  %. V tomto případě jsou výsledky našeho šetření opět nižší.

Podle Lim et al. (2009) byla naměřena relativní hodnota tělesného tuku ve věku 11,10 let 19,70 %, ve věku 12,90 let pak 22,10 % (Tabulka 7). Tyto hodnoty jsou podstatně vyšší než námi naměřené a jsou z největší pravděpodobností způsobené vyšší pohybovou aktivitou našeho souboru.

Kutáč (2012) naměřil hodnotu 15,53 % u hokejistů ve věku 14,57 let (Tabulka 6). Rozdíl zde pravděpodobně hraje i odlišné fyzické požadavky sportovních disciplín ledního hokeje a fotbalu.



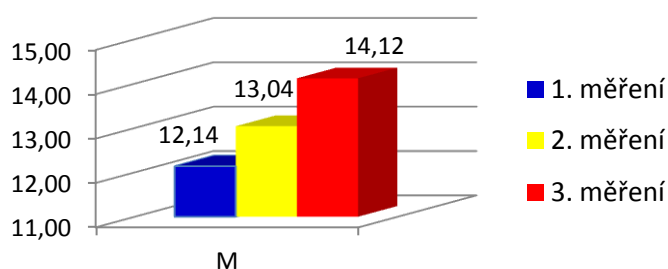
Poznámka: BCM – buněčná hmota v kg

### Obrázek 38. Vývoj buněčné hmoty (BCM; kg)

Hodnota BCM se zvyšuje z 23,03 kg při prvním měření o více než 1,5 kg na 24,75 kg při druhém měření a dále téměř o 2 kg na 26,61 kg (Obrázek 38). Tabulka 5 v přílohách dokládá, že rozdíly v průběhu šetření jsou signifikantní.

Referenční hodnoty tohoto parametru jsou dle Inbody 720 uvedeny v rozmezí 25,08–28,33 kg. Tyto hodnoty se od jiných studií podstatně liší. Námi naměřené hodnoty jsou v porovnání s referenčními hodnotami nižší, v rozmezí 23,03–26,61 kg.

Bunc (2006) uvádí ve své studii průměrnou hodnotu BCM  $14,9 \pm 3,5$  kg pro průměrný věk  $10,1 \pm 2,8$  let. Na obrázku 40 vidíme, že ve všech třech měřeních naše skupina tyto hodnoty vysoce převyšuje. Kyle, Morabia, Schulz, & Pichard (2004) popisují hodnoty BCM pro zdravé muže jako 10,61 kg. U našeho souboru jsou hodnoty BCM podstatně vyšší.

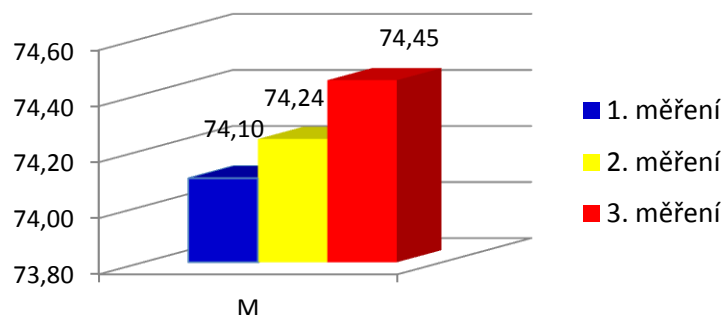


Poznámka: ECM – mimobuněčná hmota v kg

### Obrázek 39. Vývoj mimobuněčné hmoty (ECM; kg)

Na obrázku 39 vidíme vývoj mimobuněčné hmoty v průběhu tří měření z 12,14 kg na 14,12 kg. Pozorujeme nárůst zhruba o 1 kg mezi jednotlivými měřeními. Hodnoty se jeví jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

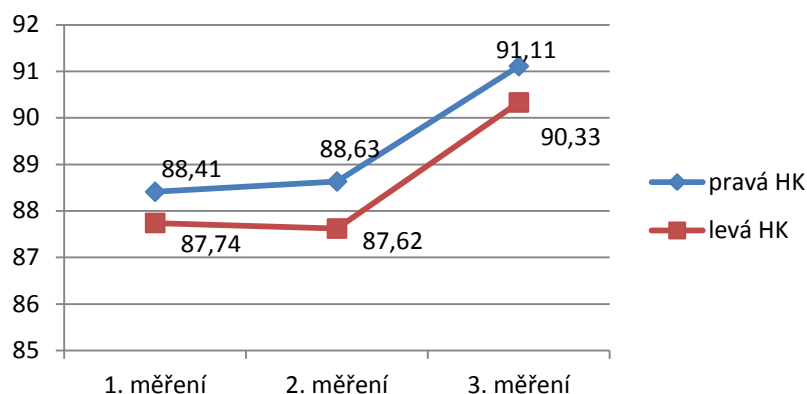
Shizgal (1987) píše, že snížená hodnota BCM a naopak zvýšená hodnota ECM často poukazují na nesprávnou výživu. Podíváme-li se zpět na hodnoty BCM u našeho souboru, můžeme konstatovat, že o tuhle interpretaci se v navšem případě nejedná.



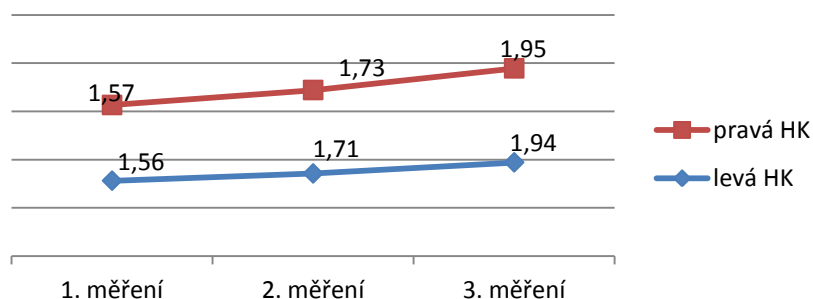
**Obrázek 40. Fitness skóre (FS)**

Hodnota fitness skóre nevykazuje výraznou rostoucí tendenci v průběhu ontogeneze v rámci měření našich souborů. Mírně se zvyšuje ze 74,10 bodů na 74,45 bodů (Obrázek 40), přičemž se rozdíly těchto hodnot neprojeví jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

Fitness skóre je podle Biospace (2008) založené na zastoupení svalové a tukové frakce vzhledem k hmotnosti a slouží především k motivaci jedince. Výsledky jsou interpretovatelné podle tří oblastí. Méně nebo rovno 70 bodů označuje slabého, nebo obézního jedince. Rozmezí 70–90 bodu je pro normálního, zdravého jedince. Skóre rovno nebo vyšší než 90 bodů označuje atletický typ. Naše skupina dosáhla ve všech třech měřeních středního vymezení, čili jedinci v ní se dají podle tohoto kritéria označit jako normální a zdraví.



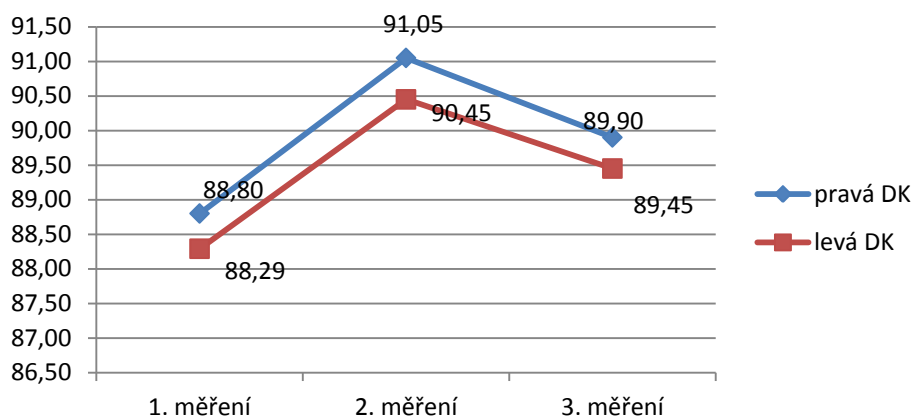
**Obrázek 41. Segmentální analýza svalové hmoty pravé a levé horní končetiny (RA %, LA %; %)**



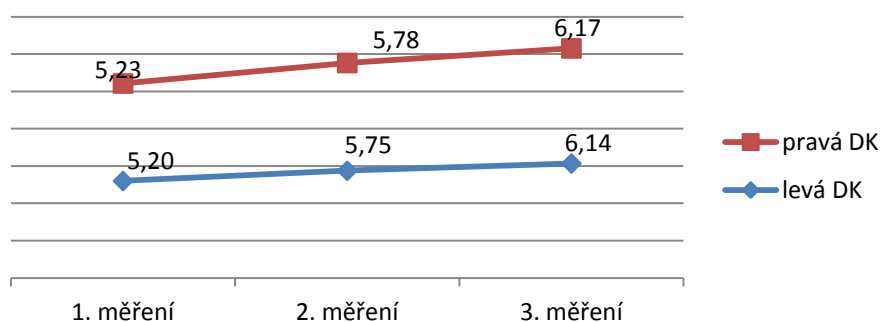
**Obrázek 42. Segmentální analýza svalové hmoty pravé a levé horní končetiny (RA kg, LA kg; kg)**

Na obrázku 41 pozorujeme mírný nárůst relativního zastoupení svalové hmoty pravé horní končetiny mezi prvními dvěma měřeními a následné vyšší zvýšení při měření třetím. V absolutních hodnotách se zvyšování jeví jako téměř konstantní, narůstající zhruba o 0,2 kg v průběhu našich tří měření (Obrázek 42). Obrázek 41 znázorňuje mírný úbytek relativního zastoupení svalové hmoty levé horní končetiny při druhém měření, aby při třetím měření hodnota opět mohla soupnout, tentokrát výraznějším rozdílem. Z hlediska absolutního zastoupení (Obrázek 42) se hodnoty svalové hmoty levé HK zvyšují konstatně podobně jako u pravé horní končetiny zhruba o 0,2 kg. V absolutních hodnotách nacházíme signifikantní rozdíly mezi měřeními, v relativním ne (Tabulka 5 v přílohách).

Srovnáme-li pravou a levou horní končetinu, můžeme konstatovat, že na pravé je obsaženo větší množství svalové hmoty, a to zhruba o 1 % při všech měřeních a je patrná zvyšující se tendence.



**Obrázek 43. Segmentální analýza svalové hmoty pravé a levé dolní končetiny (RL %, LL %; %)**



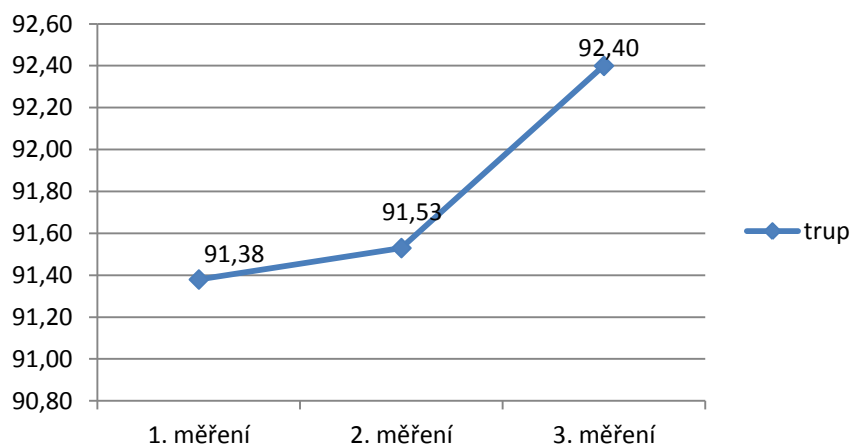
**Obrázek 44. Segmentální analýza svalové hmoty pravé a levé dolní končetiny (RL kg, LL kg; kg)**

Pravá dolní končetina, resp. relativní podíl svalové hmoty na ní se nepravidelně mění v průběhu tří měření (Obrázek 43). Při druhém měření byla tato hodnota nejvyšší a jako signifikantní se jeví pouze relativní rozdíly mezi prvním a druhým měření. Při pohledu na absolutní zastoupení (Obrázek 44) pozorujeme pozvolný nárůst od prvního do třetího měření a rozdíly jsou signifikantní.

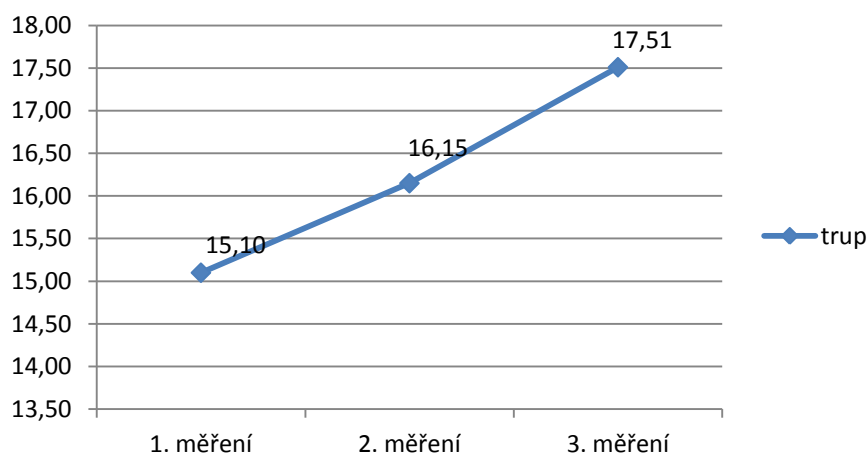
Relativní hodnoty svalové hmoty levé dolní končetiny ukazují v průběhu našich tří měření velice podobné výsledky jako u pravé dolní končetiny, tedy nejdříve nárůst mezi prvním a druhým měřením, rozdíl je signifikantní, a následný pokles mezi druhým a třetím měřením, přičemž stojí za povšimnutí, že hodnota třetího měření je vyšší než hodnota prvního měření (Obrázek 43). Při pohledu na absolutní hodnoty pak opět vidíme do určité míry konstantní nárůst svalové hmoty

v průběhu všech tří měření (Obrázek 44). Rozdíly ve výsledcích v absolutních hodnotách jsou signifikantní.

Ve srovnání levé a pravé dolní končetiny vychází pravá jako ta, která obsahuje vyšší zastoupení svalové hmoty.



**Obrázek 45. Segmentální analýza svalové hmoty trupu (TR %; %)**

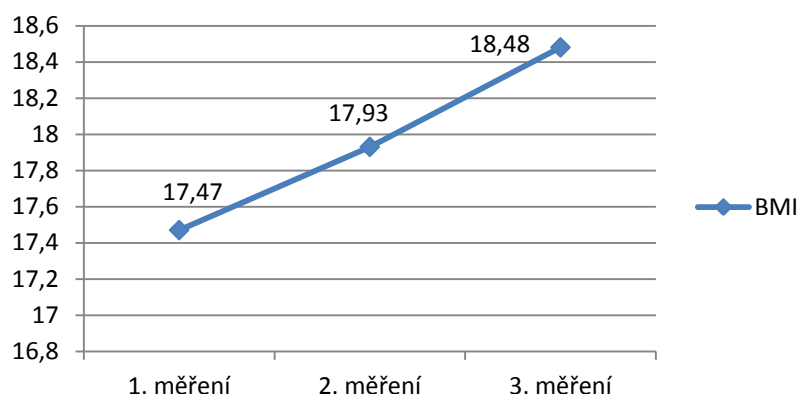


**Obrázek 46. Segmentální analýza svalové hmoty trupu (TR kg; kg)**

Svalová hmota trupu v jejím relativním zastoupení (Obrázek 45) ukazuje v průběhu našich tří měření mírnou rostoucí tendenci. Stejně tak je tomu i v případě absolutního zastoupení, kde rozdíl mezi měřeními činí o něco málo více než 1 kg (Obrázek 46). V obou případech jsou hodnoty mezi druhým a třetím měřením s vyšším rozdílem než mezi prvním a druhým měřením. Rozdíly relativních hodnot se neukázaly jako signifikantní, absolutní hodnoty se jako signifikantní jeví.



## Zdravotní ukazatelé tělesného složení (somatické indexy)

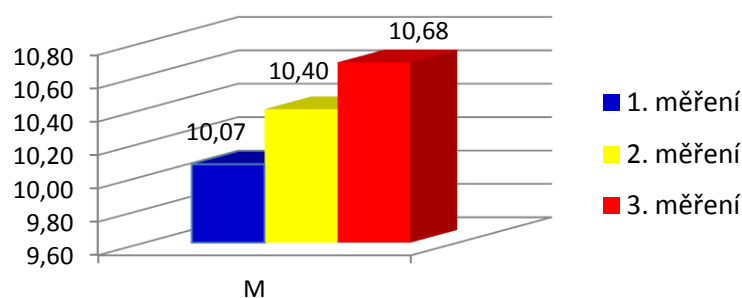


Poznámka: BMI – index buněčné hmoty v kg/m<sup>2</sup>

### Obrázek 47. Vývoj průměrných hodnot BMI (kg/m<sup>2</sup>)

Na obrázku 47 vidíme vývoj průměrných hodnot BMI během našich tří měření. Pozorujeme pozvolný nárůst zhruba o 0,5 kg/m<sup>2</sup> mezi jednotlivými měřeními. Tyto rozdíly se ukázaly jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

Pro děti nejsou přesně stanoveny tabulky hodnot BMI jako je tomu u dospělých. Nejčastěji se uvádí hodnoty 16–20 kg/m<sup>2</sup> pro věk 11–12 let, u 13-ti letých pak 17–21 kg/m<sup>2</sup>. Lim et al. (2009) uvádí průměrnou hodnotu BMI 18,60 kg/m<sup>2</sup> pro věk 11–13 let (Tabulka 7). Výsledky našeho šetření tak odpovídají hodnotám jiných studií.

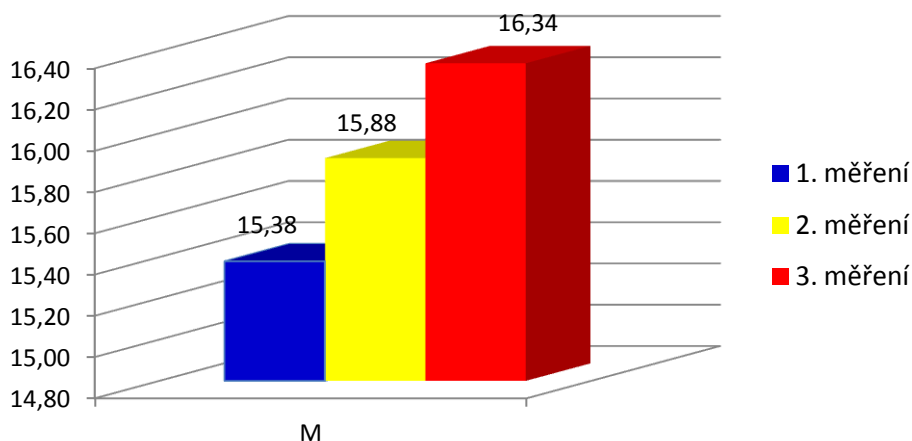


Poznámka: BCMI – index buněčné hmoty v kg/m<sup>2</sup>

### Obrázek 48. Průměrné hodnoty BCMI (index buněčné hmoty; kg/m<sup>2</sup>)

Na obrázku 48 vidíme postupné mírné zvyšování BCMI z hodnoty 10,07 kg/m<sup>2</sup> při prvním měření na hodnotu 10,68 kg/m<sup>2</sup> při třetím měření. Rozdíly mezi měřeními jsou signifikantní, dokládá to tabulka 5 v přílohách.

Index buněčné hmoty se podle Talluriho (1998) jeví jako účinný nástroj pro posouzení abnormalit v tělesném složení způsobených nemocí. Kyle, Morabia, Schulz a Pichard (2004) uvádí pro muže průměrnou hodnotu 10,61 kg/m<sup>2</sup>. K této hodnotě se nejvíce přibližuje náš soubor při třetím měření, ale ani předchozí 2 měření nejsou nikterak vzdálená od popisované hodnoty.

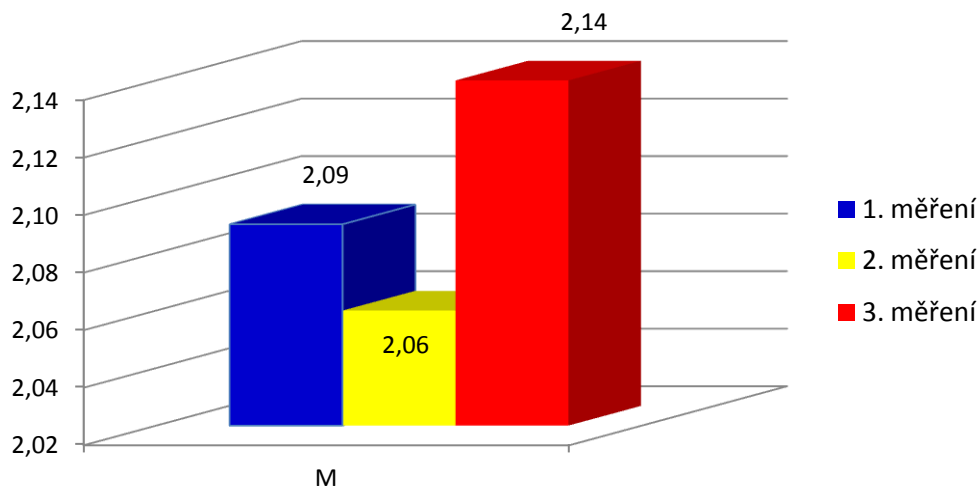


*Poznámka: FFMI – index tukuprosté hmoty v kg/m<sup>2</sup>*

#### **Obrázek 49. Průměrné hodnoty FFMI (index tukuprosté hmoty; kg/m<sup>2</sup>)**

Obrázek 49 znázorňuje zvyšující se index tukuprosté hmoty v průběhu našich tří měření. Hodnota 15,38 kg/m<sup>2</sup> při prvním měření se zvýšila na 16,34 kg/m<sup>2</sup> při závěrečném měření. Rozdíly v průběhu našeho šetření se jeví jako signifikantní, což dokládá tabulka 5 v přílohách.

Kutáč (2012) ve své studii uvádí hodnotu FFMI 18,46 kg/m<sup>2</sup> pro hráče ledního hokeje v průměrném věku 14,57 let (Tabulka 6). Z toho vyplývá, že FFMI má tendenci se zvyšovat v průběhu ontogeneze. Tento index posuzuje přiměřenost tělesné hmotnosti vzhledem k tělesné výšce a zohledňuje u sportovců vyšší muskulaturu. Pro jedince se sedavým způsobem životního stylu ve věku 18–24 let uvádí Kyle et al. (2004) hodnotu FFMI 18,90 kg/m<sup>2</sup>, pro aktivní jedince v tomto věku pak 18,70 kg/m<sup>2</sup>. FFMI se tedy zvyšuje v průběhu ontogeneze.



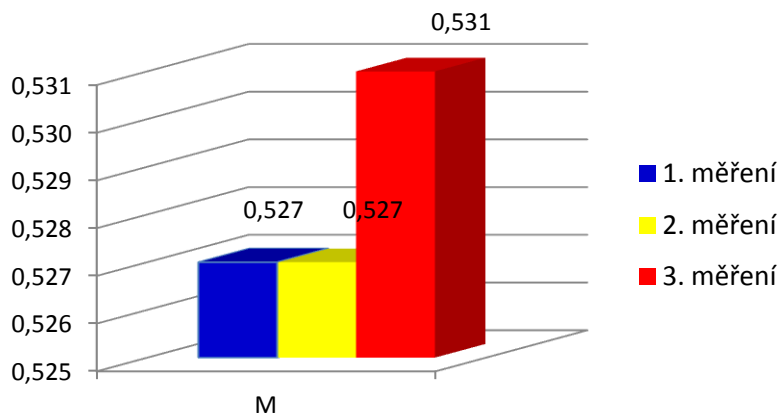
*Poznámka: BFMI – index tukové hmoty v kg/m<sup>2</sup>*

### **Obrázek 50. Průměrné hodnoty BFMI (index tukové hmoty; kg/m<sup>2</sup>)**

Obrázek 50 znázorňuje vývoj indexu tukové hmoty, který slouží k posouzení přiměřenosti tělesné hmotnosti vzhledem k tělesné výšce a je přesnějším ukazatelem než BMI, během našich tří měření. Vidíme, že při druhém měření byl tento index nejnižší, přičemž při třetím měření byl již již vyšší než při měření prvním. Rozdíly mezi měřeními se neukázaly jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

Kutáč (2012) popisuje hodnotu BFMI 3,42 kg/m<sup>2</sup> pro věk 14,57 let, z čehož by vyplývala pozitivní tendence, tedy nárůst v průběhu ontogeneze.

3,8 kg/m<sup>2</sup> je hodnota, ke které dospěli Kyle et al. (2004) při své studii BFMI u pasivních mužů ve věku 18–24 let. Aktivní jedinci jsou charakterizováni hodnotou 3,5 kg/m<sup>2</sup> (Tabulka 12). Tyto hodnoty jsou vyšší než námi naměřené a ukazují tak pozitivní trend ve zvyšování BFMI v průběhu ontogeneze v závislosti především na přibývání tukové hmoty v rámci tělesného složení.



*Poznámka: ECM/BCM – index ECM/BCM (mimobuněčná hmota/buněčná hmota) v kg/m<sup>2</sup>*

### **Obrázek 51. Index ECM/BCM**

Náš soubor dosáhl ve všech měřeních velice nízkých hodnot indexu ECM/BCM (Obrázek 51), což poukazuje na výborné predispozice měřených jedinců k tělesným cvičením a předurčuje tak tyto jedince k podávání vysokých výkonů. Při prvním i druhé měření je to stejná hodnota 0,527 a při třetím měření pak pozorujeme téměř nepatrný nárůst na 0,531. Mezi prvním a druhým měřením nejsou hodnoty signifikantní. Mezi druhým a třetím měřením, stejně jako mezi prvním a třetím měřením se hodnoty jeví jako signifikantní (Tabulka 5 v přílohách).

Bunc et al. (2000) uvádí, že poměr ECM/BCM může být použit jako kritérium pro posouzení predispozic k vykonávání tělesných cvičení. Čím nižší je poměr ECM/BCM, tím lepší jsou predispozice k tělesným cvičením. Výsledky ze studie 66 chlapců ve věkové kategorii 6–14 let jsou  $0,87 \pm 0,12$ . Tato hodnota je podstatně vyšší než hodnoty naměřené u našeho souboru.

Studie Bunce (2006) předkládá výsledky  $0,82 \pm 0,07$  pro věkovou kategorii 11 let,  $0,80 \pm 0,07$  pro věkovou kategorii 12 let a  $0,78 \pm 0,06$  pro věkovou kategorii 13 let (Tabulka 18). U naší skupiny byla v průběhu všech tří měření naměřena stejná průměrná hodnota 0,53, která je rovněž podstatně nižší než hodnoty z výše jmenované studie.

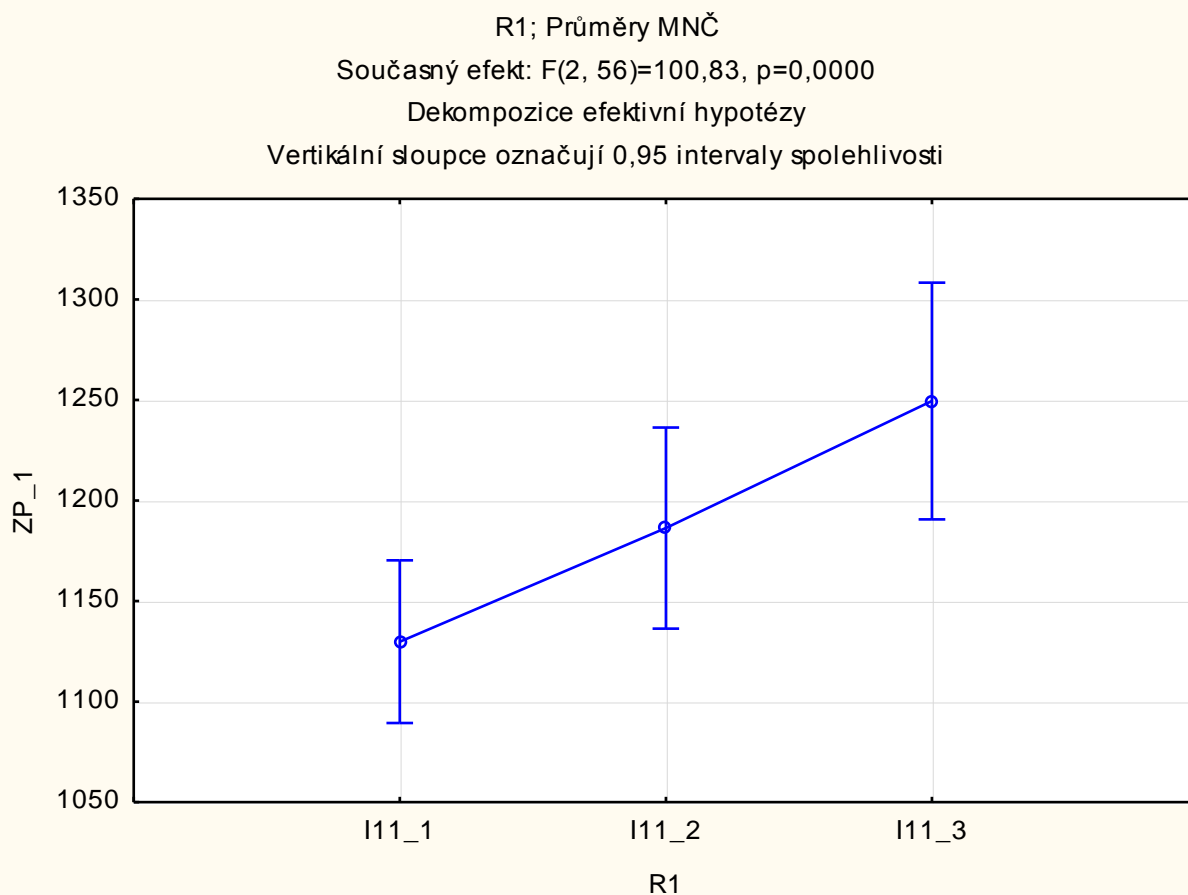
Durenberg et al. (1992) konstatuje, že poměr ECM/BCM je u zdravých jedinců vždy menší než 1 a trénovaní jedinci dosahují nižších hodnot oproti jedincům netrénovaným.

V manuálu InBody 720 (Biospace, 2008) se uvádí, že optimálnímu stavu výživy odpovídá indexové rozmezí 0,7–0,8 jednotek.

Talluri et al. (1999) pak popisuje normové hodnoty pro běžnou populaci mezi 0,85–1,00.

V roce 2007 uskutečnil Bunc et al šetření 1611 chlapců ve věku 6–14 let, ve které prokázal těsnou negativní závislost hodnoty ECM/BCM na maximální spotřebě kyslíku, vztažené na kg hmotnosti. Rovněž popisuje, že poměr ECM/BCM je vázán na realizované tréninkové zatížení a je možné jej využít pro hodnocení stavu trénovanosti u netrénovaných jedinců, ale hlavně u sportujících.

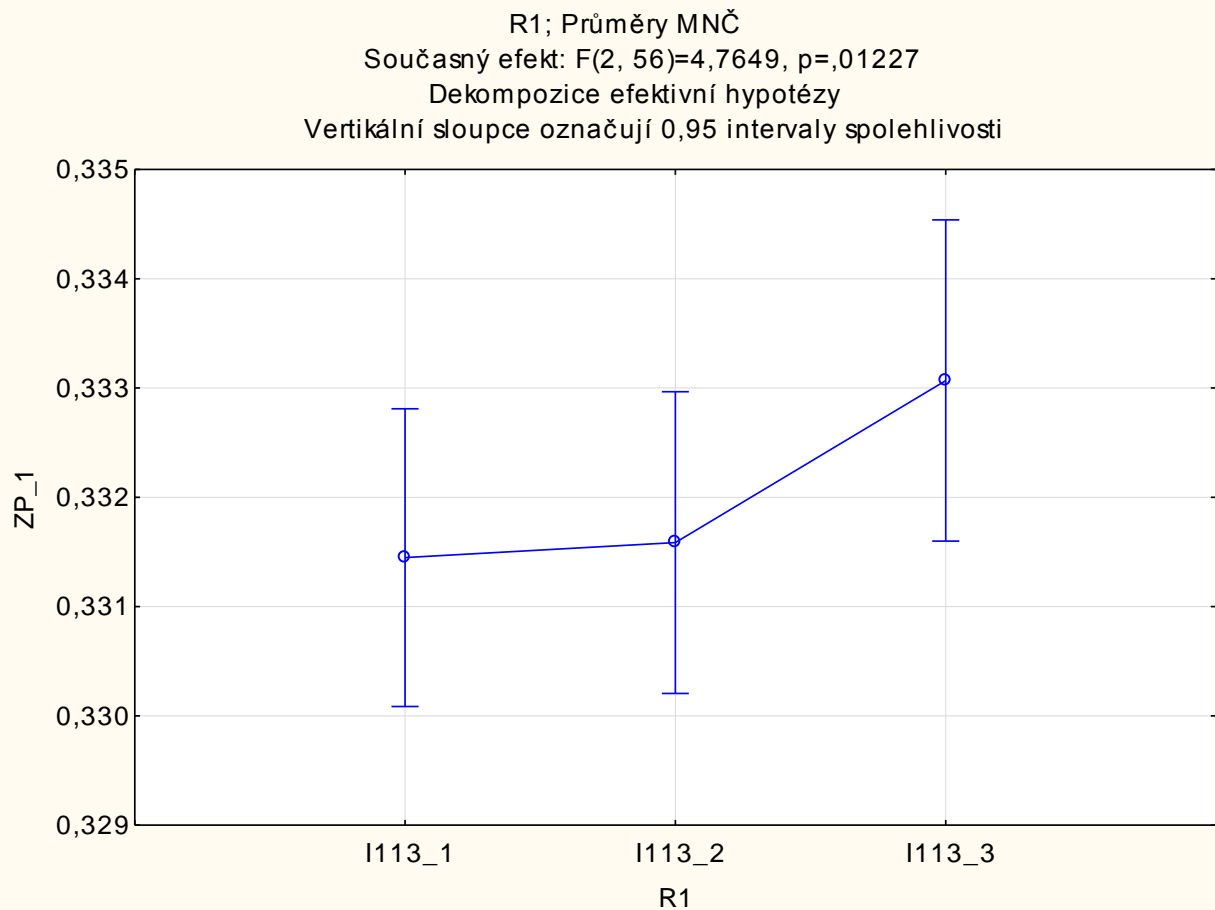
## Další výstupy přístroje InBody 720



Poznámka: BMR – bazální metabolismus v kcal

### Obrázek 52. Vývoj průměrných hodnot bazálního metabolismu (BMR) v kcal v rámci jednotlivých měření

Obrázek 52 znázorňuje, jak se měnila průměrná hodnota BMR našich probandů při jednotlivých měřeních. Pozorujeme nízké hodnoty. Rozdíly jsou signifikantní.

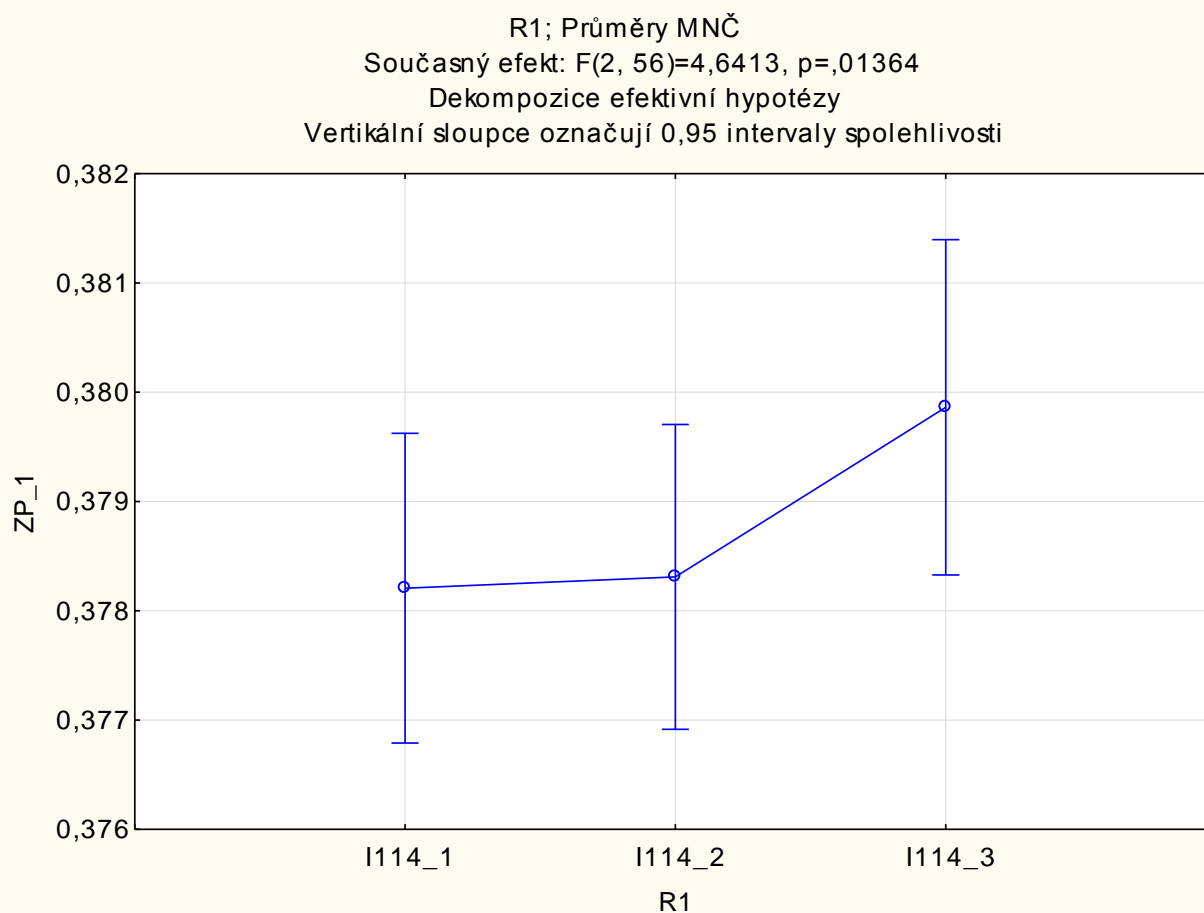


*Poznámka: E1 – Index Edema 1 (ECF = extracelulární tekutina/TBF = celková tělesná tekutina)*

**Obrázek 53.** Vývoj průměrných hodnot indexu E1 v rámci jednotlivých měření

Obrázek 53 znázorňuje, jak se měnila průměrná hodnota indexu E1 našich probandů při jednotlivých měřeních. Rozdíly jsou mezi prvním a druhým nesignifikantní. Mezi druhým a třetím měřením, jakož i mezi prvním a třetím měřením nacházíme signifikantní rozdíly. Mezi prvním a třetím měření nejsou signifikantní.

Referenční hodnoty jsou pro E1 stanoveny v rozmezí 0,31–0,35, ve kterých se nachází i náš soubor.



*Poznámka: EI2 – Index Edema 2 (ECW = extracelulární voda/TBW = celková tělesná voda)*

**Obrázek 54.** Vývoj průměrných hodnot indexu EI2 v rámci jednotlivých měření

Obrázek 54 znázorňuje, jak se měnila průměrná hodnota indexu EI2 našich probandů při jednotlivých měřeních. Rozdíly nejsou mezi prvním a druhým signifikantní. Mezi druhým a třetím měřením, stejně jako mezi prvním a třetím měřením jsou signifikantní.

Referenční hodnoty pro EI2 jsou stanoveny v rozmezí 0,36–0,40 a náš soubor se opět nachází v tomto rozmezí.



## **OMEZENÍ STUDIE / LIMITY PRÁCE**

*Chtěli bychom upozornit, že výsledky mohou být ovlivněny rolí biologického věku (někteří jedinci byli akcelerováni, jiní retardováni) a výživou (podle výpovědí rodičů většina námi sledovaných nedodrží správné stravovací návyky a výživová doporučení ve smyslu nedostatečného energetického příjmu).*

*Jsme si vědomi toho, že výsledky práce mohou být ovlivněny výběrem a počtem diagnostikovaných osob, i přesto, že jsme se snažili maximálně dodržet standardizaci podmínek měření. Při případném zobecňování výsledků je proto nutná jistá obezřetnost.*

## 6 ZÁVĚR

Z výsledků vyplývá, že většina parametrů tělesného složení v průběhu ontogeneze ve věkovém období 11–13 let vykazuje stoupající tendenci.

Očekávanou rostoucí tendenci v rámci našich měření vykazují mimo dále popisovaných také tělesná výška, tělesná hmotnost, štíhlá tělesná hmota, kosterní svalstvo, zastoupení proteinů a minerálů, buněčná hmota, mimobuněčná hmota, fitness skóre a segmentální analýza svalové hmoty v absolutních hodnotách.

Tělesná výška se v průběhu našeho šetření zvýšila o 6,34 cm, tělesná hmotnost vzrostla o 6,02 kg.

U dětí staršího školního věku mírně vzrůstá absolutní hodnota tukové frakce v průběhu ontogeneze při našem šetření ze 4,82 kg na 5,30 kg. Hodnoty zastoupení tuku jsou velice nízké. Relativní zastoupení tukové složky dosahovalo 11,15–11,35 %. Zastoupení tukové frakce se u dětí staršího školního věku v rámci našeho šetření významně vzhledem k zatížení ve fotbalovém tréninku nemění, resp. není prokazatelné. Rozdíly mezi měřeními se neprojeví jako signifikantní.

Hodnota tukuprosté hmoty v průběhu ontogenetického vývoje v rámci našeho šetření u dětí staršího školního věku vzrostla z 35,18 kg na 40,72 kg. Přepočítají-li se tyto absolutní hodnoty na hodnoty relativní, pozorujeme mírný pokles z 88,53 % na 88,48 %. Hodnota štíhlé tělesné hmoty stoupla z 33,24 kg na 38,47 kg, v případě relativního zastoupení z 83,10 % na 83,59 %. Tyto hodnoty jsou mírně nadprůměrné. Rovněž množství kosterního svalstva vzrostlo z 18,98 kg na 22,23 kg, což zhruba odpovídá referenčním hodnotám. Fotbalový trénink změny svalové frakce v průběhu ontogenetického vývoje v rámci našeho šetření nijak významně neovlivňuje. Rozdíly mezi hodnotami jednotlivých měření jsou signifikantní.

Podrobné analýze v naší studii podléhá také vývoj celkové tělesné vody. V rámci ontogenetického vývoje v období 11–13 let potvrzují naše výsledky stoupající tendenci, kdy pozorujeme vzestup z 25,86 kg na 29,95 kg. Relativní hodnoty celkové tělesné vody se u našeho souboru pohybují kolem 65 %. To

odpovídá referenčním hodnotám, i když na jejich spodní hranici. Hodnoty ICW a ECW odpovídají ontogenetickému vývoji. ICW (16,09–18,58 l, 62,22–62,04 %) vykazuje hodnoty nižší než u dospělé populace a naopak vyšší hodnotu než u dospělé populace ukazuje ECW (9,77–11,37 l, 37,78–37,96 %). Vliv fotbalového tréninku na změny v zastoupení celkové tělesné vody a podílu intra- a extracelulární tekutiny v průběhu ontogeneze v rámci našeho šetření nelze jednoznačně prokázat. Rozdíly mezi měřeními se ukázali jako signifikantní.

Segmentální analýza svalové hmoty v jejích absolutních hodnotách vykazuje ve všech případech rostoucí tendenci se zvyšujícím se věkem. V případě relativního hodnocení se tyto hodnoty již liší a u dolních končetin tak pozorujeme pokles mezi druhým a třetím měřením.

Ze zdravotních ukazatelů tělesného složení jsme hodnotili BMI, BCMI, FFMI, BFMI, a poměr ECM/BCM.

Průměrné hodnoty indexu tělesné hmotnosti (BMI) rostou v průběhu našich měření z 17,47 kg/m<sup>2</sup> na 18,48 kg/m<sup>2</sup>.

Průměrné hodnoty indexu buněčné hmoty (BCMI) mírně vzrůstají z 10,07 kg/m<sup>2</sup> na 10,68 kg/m<sup>2</sup>.

Index tukuprosté hmoty (FFMI) a jeho průměrné hodnoty se zvyšují v průběhu ontogeneze v námi sledovaném období z 15,38 kg/m<sup>2</sup> na 18,48 kg/m<sup>2</sup>.

Průměrné hodnoty indexu tukové hmoty (BFMI) se v průběhu ontogeneze v rámci našich tří měření pohybovaly od 2,06 kg/m<sup>2</sup> do 2,14 kg/m<sup>2</sup>, přičemž nejnižší hodnota byla naměřena při druhém měření a průměrném věku 11,90 let. Všechny dosažené hodnoty BFMI se jeví jako velmi nízké.

Poměr ECM/BCM je charakterizován v průběhu našich dvou měření stejnou, nízkou hodnotou 0,527 jednotek a při třetím měření pak hodnotou 0,531 jednotek, což poukazuje na výborné predispozice těchto jedinců k tělesným cvičením a předurčuje je k podávání vysokých výkonů.

Jako signifikantní se projeví rozdíly mezi měřeními u hodnot BMI, BCMI, FFMI a poměr ECM/BCM mezi druhým a třetím měřením a mezi prvním a třetím měřením.

Obecně platí, že fotbalový trénink pozitivně ovlivňuje tělesné složení v průběhu ontogenetického vývoje.

U našeho souboru se však setkáváme s nižšími hodnotami tělesné hmotnosti, celkové tělesné vody, množstvím kosterního svalstva, zastoupením proteinů, množstvím minerálů v kostní hmotě, celkového tělesného tuku, buněčné hmoty, FFMI a BFMI než jsou doporučené hodnoty. Z našich výsledků tak není možné jednoznačně prokázat vliv fotbalového tréninku v průběhu ontogeneze v rámci námi sledovaného věkového období.

## 7 SOUHRN

Fotbal jako nejrozšířenější kolektivní sportovní hra na světě je stále ne zcela probádanou disciplínou a nabízí tak mnoho možností pro odborné studie.

Fotbal již dávno není pouze zábavou, nýbrž organizací s vysokou kulturní, společenskou a finanční hodnotou. Stále více sílí touha po prestiži v tomto sportovním odvětví a s tím pozorujeme zájem o možnosti predikce sportovního výkonu a predispozic k jeho podávání na vysoké úrovni. Důležitou roli zde hraje sledování a hodnocení tělesné kompozice.

Z výše uvedeného vyplývá zajímavost a aktuálnost tématu práce, a právě to je hlavním důvodem, proč jsem si jej vybral, kromě toho, že já sám jsem aktivně hrajícím fotbalistou a snažím se vstoupit jako trenér do tréninového procesu.

Cílem této magisterské práce bylo srovnání změn vybraných parametrů tělesného složení v průběhu ontogeneze dle metody bioelektrické impedance u souboru 29 fotbalistů SK Sigma Olomouc ve věku 11–13 let navštěvujících sportovní fotbalové třídy ZŠ Heyrovského v Olomouci. Dále pak analýza změn zdravotních ukazatelů tělesného složení a porovnání změn segmentální analýzy svalové hmoty. Podrobněji se v práci věnuji změnám tukové frakce, svalové frakce a celkové tělesné vody s jejím rozdělením na intra- a extracelulární tekutinu v průběhu ontogeneze a vlivem zatížení v rámci fotbalového tréninku.

Popisované parametry jsou rozebírány obecně v syntéze poznatků a detailně s možnostmi porovnání ve výsledcích a diskuzi. Obsahem teoretické části jsou rovněž vymezení základních pojmů důležitých pro práci při daném tématu, seznámení, historie, pravidla a fyzické předpoklady ve fotbale, podrobný popis bioelektrické impedanční analýzy, popis ontogenetického vývoje pro období staršího školního věku a další.

Měření probíhalo v laboratoři KPK FTK UP v Olomouci pomocí špičkového moderního přístroje InBody 720 za standardních podmínek. Výsledky byly vyhodnoceny softwarem Lokin'Body3 a dále zpracovávány v programech

Microsoft Word a Excel 2007 a Statistika 10. Tělesná výška byla stanovena antropometricky antropometrem.

Výsledky obdrželi spolu s patřičným komentářem také vedoucí družstev a trenéři, kteří se měření zúčastnili a mohli tak posloužit pro zkvalitnění a zacílení tréninku. Tyto informace byly rovněž sděleny rodičům.

Většina námi pozorovaných parametrů tělesného složení (tělesná výška, tělesná hmotnost, celková tělesná voda v absolutních hodnotách, tukuprostá hmota, štíhlá tělesná hmota, kosterní svalstvo, zastoupení proteinů, zastoupení minerálů, celkový tělesný tuk v absolutních hodnotách, buněčná hmota, mimobuněčná hmota, segmentální analýza svalové hmoty horních i dolních končetin jakož i trupu v absolutních hodnotách) v průběhu ontogeneze ve věku 11–13 let zachycuje vzrůstající tendenci.

Ve srovnání s referenčními hodnotami softwaru Loin'Body3 a s výsledky jiných studií nacházíme nižší hodnoty tělesné hmotnosti, celkové tělesné vody, množství kosterního svalstva, zastoupení proteinů, množství minerálů v kostní hmotě, celkového tělesného tuku, buněčné hmoty, FFMI a BFMI.

Vliv fotbalového tréninku na tělesné složení v průběhu ontogeneze v rámci našeho šetření nelze z výsledků jednoznačně prokázat.

## 8 SUMMARY

Football is one of the most widely spread team sport in the world but it is not explored enough and there is scope to further scientific studies.

Football is not only a leisure activity, but also an organization with high culture, social and financial value. The ambition to be prestigious is becoming stronger in this field and we notice an interest in the prediction of sport performance and predispositions to perform at high level. Monitoring and evaluation of body composition play an important role.

I chose this topic because of its up-to-dateness and interestingness which is clear from what I mentioned above. I am an active football player and I try to be a football coach and help with the training.

The aim of this thesis is to compare changes in selected parameters of body composition during ontogenesis according to the method of bioelectrical impedance analysis at 29 football players (11–13 years old) who attend sports classes at Primary school Heyrovského in Olomouc. I also analyse changes in health indicators of body composition and compare changes in segmental analysis of muscle mass. I analyse in detail: changes in fat fraction, muscle fraction and total body water (divided in intra- and extracellular water) during ontogenesis under the influence of football training.

Described parameters are analysed in synthesis of knowledge, results and discussion. Theoretical part also includes definition of basic terms which are crucial for this topic, such as history, rules and physical predispositions to football, detailed description of bioelectrical impedance analysis and ontogenesis of older school-aged children.

The measuring took place at the Faculty of Physical Culture, Palacký University Olomouc, using modern device InBody 720. The results were analysed by software Lokin'Body3, then processed in programmes Microsoft Word and Excel 2007 and Statistics 10. The stature was set using the anthropometric measurement.

The results with the explanation were given to the football coaches who took part in the measurement and can be used to improve the quality of the training. The results were also given to players' parents.

Most of the monitored parameters of body composition (body height, body weight, total body water in absolute value, fat free mass, lean body mass, skeletal muscle mass, proteins and minerals representation, total body fat in absolute value, cellular mass, extracellular mass, segmental analysis of muscular tissue of upper and lower extremities, trunk in absolute values) during ontogenesis at the age of 11–13 show growing tendency.

If we compare reference values of software Lokin'Body3 and results of other studies, we find our results of body weight, total body water, skeletal muscles, proteins representation, minerals representation in bone mass, total body fat, cellular mass, FFMI and BFMI lower than the reference values mentioned above.

The influence of football training on body composition during ontogenesis cannot be clearly proven from our research.



## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

Anonymous (n. d.). Antropologie. Retrieved 12. 1. 2013 from the World Wide Web:  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Antropologie>

Anonymous (n. d.). Doplnující údaje. Retrieved 2. 4. 2013 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/doplnujici-udaje.php>

Anonymous (n. d.). Fotbal. Retrieved 18. 3. 2009 from the World Wide Web:  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotbal>

Anonymous (n. d.). Healthy Body Fat Ranges for Children. Retrieved 24. 11. 2012 from the World Wide Web: [http://www.tanita.eu/fileadmin/user\\_upload/Afbeeldingen/Brochures/body\\_fat\\_ranges\\_Layout\\_1.pdf](http://www.tanita.eu/fileadmin/user_upload/Afbeeldingen/Brochures/body_fat_ranges_Layout_1.pdf)

Anonymous (n. d.). Hrací plocha. Retrieved 12. 3. 2013 from the World Wide Web  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Fotbalov%C3%A1\\_plocha.svg/800px-Fotbalov%C3%A1\\_plocha.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Fotbalov%C3%A1_plocha.svg/800px-Fotbalov%C3%A1_plocha.svg.png)

Anonymous (n. d.). Körperwasser. Retrieved 8. 1. 2013 from the World Wide Web:  
[http://www.medizin-forum.de/components/com\\_mambowiki/index.php?title=K%C3%B6rperwasser](http://www.medizin-forum.de/components/com_mambowiki/index.php?title=K%C3%B6rperwasser)

Anonymous (n. d.). Körperwerte allgemein. Retrieved 12. 12. 2012 from the World Wide Web: [http://www.gmon.info/man\\_de/k.rperwerteallgemein.htm](http://www.gmon.info/man_de/k.rperwerteallgemein.htm)

Anonymous (n. d.). Muskelmasse und Knochenmasse. Retrieved 24. 11. 2012 from the World Wide Web: [http://www.gmon.info/man\\_de/muskelmasseundknochenmasse.htm](http://www.gmon.info/man_de/muskelmasseundknochenmasse.htm)

Anonymous (n. d.). Přístroje BIA. Retrieved 12. 1. 2013 from the World Wide Web:  
<http://www.inbody.cz/pristroje-bia.php>

Anonymous (n. d.). Retrieved 13. 3. 2013 from the World Wide Web: <http://www.e-inbody.com/Tech/history.html>

Anonymous (n. d.). Retrieved 15. 12. 2012 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soucasnost.php>

Anonymous (n. d.). Retrieved 17. 1. 2013 from the World Wide Web: [http://www.fifa.com/mm/document/affederation/generic/81/42/36/lawsofthegame\\_2010\\_11\\_e.pdf](http://www.fifa.com/mm/document/affederation/generic/81/42/36/lawsofthegame_2010_11_e.pdf)

Anonymous (n. d.). Retrieved 17. 12. 2012 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/slozeni-tela-pomer.php>

Anonymous (n. d.). Retrieved 17. 12. 2012 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soubory/lookin-body/prezentace-lidske-telo.pdf>

Anonymous (n. d.). Tělesná voda. Retrieved 19. 3. 2013 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/telesna-voda.php>

Anonymous (n. d.). Übersicht der im GMON verwendeten Bewertungsbereiche. Retrieved 25. 3. 2013 from the World Wide Web: [http://www.gmon.info/man\\_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereiche4.htm](http://www.gmon.info/man_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereiche4.htm)

Anonymous (n. d.). Weshalb sollte man Körperfett messen? Retrieved 17. 3. 2013 from the World Wide Web: <http://www.tanita.eu/de/gewichtsreduktion/weshalb-sollte-man-koerperfett-messen.html>

Balla, Š., & Matejovičová, B. (2006). Telesné zloženie 12 až 15ročných chlapcov v období dospievania. *Česká antropologie*, vol. 56, p. 17–20.

Bauer, G. (1996). *Hrajeme fotbal*. České Budějovice: KOPP.

- Bedogni, G., Malavolti, M., Severi, S., Poli, M., Mussi, C., Fantuzzi, A. L., & Battistini, N. (2002). Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, 1143–1148.
- Bedřich, L. (2006). *Fotbal ritualní hra moderní doby*. Brno: Masarykova univerzita.
- Behnke, A., R. (1963). Anthropometric evaluation of body composition through life: *Ann. N. J. Acad. Sci.* 110, 450-464.
- Berghöfer, A., Pischon, T., Reinhold, T., Apovian, C., Sharma, A., & Willich, S. (2008). Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. *BMC Public Health*, vol, 8, no. 1, p. 200–210.
- Biospace. (2008). *InBody 720 - The precision body composition analyzer (User's Manual)*. Retrieved 18. 10. 2011 from the World Wide Web: <http://www.e-inbody.com/>.
- Biospace. InBody 720. Retrieved 14. 8. 2012 from the World Wide Web: <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>.
- Bláha, P., Vignerová, J., Riedlová, J., Kobzvá, J., Krejčovský, L., Brabec, M., & Hrušková, M. (2006). 6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001, Česká republika. Praha: PřF UK v Praze a SZÚ.
- Bunc, V. (2004). Physiological and functional characteristics of adolescent athletes in several sports: implications for talent identification. In *Silva, M. C., Malina, R. Children and Youth in Organized Sports*. Coimbra: University Press, p. 247–257.
- Bunc, V. (2006). Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of czech children. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn.*, vol. 36, no. 4, p. 39–44.

- Bunc, V., Cingálek, R., Moravcová, J., & Kalous, J. (2007). Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. *Čas lék čes*, vol. 146, č. 5, p. 492–496.
- Bunc, V., Dlouhá, R., & Pařízková J. (1993). Rovnice pro stanovení složení těla bioimpedanční metodou u tělesně aktivních jedinců. *Sborník referátů z 19. kongresu českých a slovenských antropologů* (pp. 97-99). Praha: Karolinum.
- Bunc, V., Dlouhá, R., Moravcová, J, Novák, I., Hosková, Z., & Čermáková, M. (2000). Estimation of Body Composition by Multifrequency Bioimpedance Measurement in Children. *In Vivo Body Composition studies*. New York: New York Academy of Science, vol. 904, p. 203–204.
- Bunc, V., & Psotta, R. (2001). Physiological profile of very young soccer players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, vol. 41, no. 3, p. 337–341.
- Clark, RR. et al. (2004). Minimum Weight Prediction Methods Cross – Validated by the Four-Component Model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 36, no. 4, p. 639–647.
- Colombo, O., Villani, S., Pinelli, G., Trentani, C., Baldi, M., Tomarchio, O., & Tagliabue, A. (2008). To treat or not to treat: comparison of different criteria used to determinate whether weight loss is to be recommended. *Nutrition Journal*, 7(5), p. 1–7.
- Čelikovsky, S. (1979). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: Statni pedagogicke nakladatelstvi.
- Čelikovský, S. et al. (1990). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: SPN.
- Čížková, J., Binarová, I., Holásková, K., Petrová, A., Plevová, I., & Pugnerová, M. (1999). *Přehled vývojové psychologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- De Lorenzo, A. et al. (2000). Body composition measurement in highly trained male athletes: a comparison of free methods. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, vol. 40., no. 2, p. 178–183.
- Demetrovič, E. et al. (1988). *Encyklopedie tělesné kultury a-o*. Praha: Olympia, 158.
- Demuth, A., Czerniak, U., Krzykala, M., & Ziolkowska-Lajp, E. (2011). The relative fat mass level among the young athletes researched in 2006 and 2008. *Česká antropologie*, vol. 61, no. 1, p. 12-15.
- Deurenberg, P. (1996). *Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity*. Retrieved 10. 4. 2011 from the World Wide Web: <http://www.ajcn.org/cgi/reprint/64/3/449S>
- Deurenberg, P., & Schouten, F. J. M. (1992). Loss of total body water and extracellular water assessed by multifrequency impedance. *European Journal of Clinical Nutrition*, vol. 46, p. 247–255.
- Dostálová, I., & Přidalová, M. (2005). Somatometrická studie mladých hráčů volejbalu. *Česká antropologie*, vol. 55, no. 1, p. 35–37.
- Dostálová, I., Přidalová, M., & Kudrna, Z. (2005). Evaluation of body constitution and body fractions of water polo players. *Slovenská antropológia*, vol. 8, no. 1, p. 46–49.
- Dovalil, J. a kol. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Drinkwater, D. T., & Ross, W. D. (1980). *Kinanthropometry II*. Baltimore: Univ. Park Press. Vol. 9, Anthropometric fractionation of body mass.
- Fetter, V., Prokopec, M., Suchý, J., & Titlbachová, S. (1967). *Antropologie*. Praha: Academia.

- Gába, A. (2011). *Hodnocení tělesného složení ve vztahu k pohybové aktivitě u žen ve věku 55–84 let*. Dizertační práce v oboru „Funkční antropologie“. Olomouc: UP v Olomouci, Fakulta tělesné kultury.
- Gába, A., Přidalová, M, Válková, H, Walkley, J, & Gáboá, Z. (2011). Hodnocení tělesného složení u jedinců se středně těžkou mentální retardací, *Česká antropologie*, vol, 61, no. 1, p. 15–20.
- Gibson, A., Hlmes, J., Desautels, R., Edmonds, L., & Nuudi, L. (2008). Ability of new octapolar bioimpedance spectroscopy analyzers to predict 4-component – model percentage body fat in Hispanic, black and white adults. *Americal Journal of Clinical Nutrition*, vol. 87, no. 2, p. 332–338.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press
- Hájek, J. (2001). *Antropomotorika*. Praha: Univerzita Karlova.
- Hajn, V. (2001). *Antropologie II*. Olomouc: Univerzita Palackeho v Olomouci.
- Hajn, V. (2003). *Antropologie. 1*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Haník, Z. et al. (2008). *Volejbal viděno třemi*. 1. vyd. Praha: Grada.
- Hattori, K., Tatsumi, N., & Tanaka, S. (1997). Assessment of body composition by using a new chart method. *American Journal of Human Biology*, vol. 9, no. 5, p. 573–578.
- Hebbelinck, M., & Ross, W. D. (1974). *Kinanthropometry and biomechanics*. In Nelson, R. C., Morehouse C. A. (Eds.) *Biomechanics IV*. Baltimore: Univ. Park Press.
- Heymsfield, S. B., Waki, M., Kehayas, J., et al. (1991). Chemical and elementar analysis of humans in vivo using improved body composition models. *Am. J. Physiol.* Vol. 261, s. E 190 – 198.

- Heymsfield, SB. et al. (2005). *Human Body Composition*. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004) *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Chumlea, W., Schubert, C., Reo, N., Sun, S., & Siervogel, R. (2005). Total body water volume for white children and adolescents and anthropometric prediction equations: The Fels Longitudinal Study. *Kidney Int.*, 68(5), p. 2317—2322.
- Jallo, J. J., Nassar, L., Bauer, P. W., Pivarnik, J., & Fornetti, W. C. (2005). Cross Validation of Fat Free Mass Prediction Models for Elite Female Gymnasts. *Pediatr Exerc Sci*, vol. 17, no. 4, p. 337–344.
- Jandačka, D., & Vaverka, F. (2008). A regression model to determine load for maximal power output: Load for maximum power output. *Sports Biomechanics*, vol. 7, no. 2, p. 361–371.
- Jebb, S., McCarthy, D., Fry, T., & Prentice, A. M. (2004). *Neue Körperfett Referenztablelle für Kinder*. Obesity Reviews (NAASO Suppl) A156.
- Jesensky-Squires, Ne. et al. (2008). Validity and reliability of body composition analysers in children and adults. *British Journal of Nutrition*, vol. 100, p. 859–865.
- Kettanech, A. et al. (2005). Reliability of bioimpedance analysis compared with other adiposity measurements in children: The FLVS II Study. *Diabetes & Metabolism*, vol. 31, no. 6, p. 534–541.
- Kilduff, LP., Lewis, S., & Kingsley, MI. (2007). Reliability and Detecting Change Following Short-Term Kreatine Supplementation: Comparasion of Two-Component Body Composition Methods. *Journal of strength and reserch: the research journal of the NSCA*, vol, 21, no. 21, p. 378–384.

- Kinkorová, I., Heller, J., & Moulis, J. (2009). *Možnosti využití vybraných metod pro stanovení tělesného složení u dětí v období puberty*. Vol. 39 Issue 1, p49 10p. Retrieved 15. 1. 2011 from SPORTDiscus with Full Text on the World Wide Web: <http://search.ebscohost.com>
- Kociánová, M. (2011). *Srovnání vybraných somatických charakteristik u obézních žen po absolvování kurzu snižování nadváhy*. Olomouc: Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého.
- Kollath, E. (2006). *Fotbal*. 1. vyd. Praha: Grada.
- Komeščík, B. (2006). *Kinantropologie – Antropomotorika - Metodologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Kopecký, M., & Přidalová, M. (2008). The secular trend in the static development and motor performance of 7–15-years-old girl. *Medicina sportiva*, vol. 12 (3), p. 78–85.
- Kravitz, L., & Heyward, H., V. (1992). Getting a Grip on Body Composition. *IDEA Today*, 10(4), 34-39. Retrieved 25. 8. 2009 from the World Wide Web: <http://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/underbodycomp.html>
- Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie: (pro studující obor Tv a sport)*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, Katedra tělesné výchovy.
- Kutáč, P. (2010) Tělesné složení jako faktor sportovní výkonnosti v kopané. *Česká antropologie*, vol. 60, no. 2, p. 15–18.
- Kutáč, P. (2010). Reliability of body composition measurement by the BIA Method (Bioelectrical impedance). *New Medicine*, vol. 14, no. 1, p. 2–6.



- Kutáč, P. (2011). Vliv režimu měření na výsledek tělesného složení při použití metody bioelektrické impedance. *Česká kinantropologie*, vol. 61, no. 1, p. 28–32.
- Kutáč, P. (2012). Vývoj somatických parametrů hráčů ledního hokeje. *Česká antropologie*, vol. 62, no. 2, p. 9–14.
- Kutáč, P., Gajda, V., Přidalová, M., & Šmajstrla, (2008). V. Validity of measuring body composition by means of the BIA Method. *New Medicine*, vol. 12, no. 4, p. 89–93.
- Kyle, U. G., Genton, L., Gremion, G., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2004). Aging, physical activity and height-normalized body composition parameters. *Clinical Nutrition*, 23(1), 79–88. Retrieved 17. 4. 2012 from the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026156140300092X>
- Kyle, U. G., Morabia, A., Schulz, Z., & Pichard, C. (2004). Sedentarism affects body fat mass index and fat-free mass index in adults aged 18 to 98 years. *Clinical Nutrition*, 20, p. 255–260.
- Langmeier, J., & Krejčířova, D. (2006). *Vývojová psychologie, 2. aktualizované vydání*. Praha: Grada Publishing
- Lim, Js., Hwang, Js., Lee, Ja., Kim, Dh., Park, Kd., & Jeong, Js. et al. (2009). Cross-calibration of multi-frequency bioelectrical impedance analysis with eight-point Tamile electrodes and dual-energy X-ray absorptiometry for assesment of body composition in healthy children aged 6–18 years. *Pediatrics international*, vol. 51, no. 2, p. 263–268.
- Lohman, T. G. (1992). *Advances in body composition assessment*. Champaign: Human Kinetics.
- Lukaski & Bolonchuk (1988) Formula for total body water. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 59, p. 1163-1169

- Lukaski, H. C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 46 Issue 4, p. 537-556.
- Machová, J. (2005). *Biologie člověka pro učitele*. Praha: Univerzita Karlova.
- Malavolti, M., Mussi, C., Poli, M., Fantuzzi, A., Salvioli, G., & Battistini, N. et al. (2003). Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21–82 years. *Annals of Human Biology*, vol. 30, no. 4, p. 380–391.
- Malina, R. M. & Bouchard, C. (1991). Models and methods for studying body composition. *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics, p. 87–100.
- Malina, R. M., (1969). Exercise as an influence upon growth. Review and critique of current concepts. *Clin. Pediatr*, vol. 7 (2), 91–105.
- Marček, T. et al. (2007). *Telovýchovné lékařstvo*. Bratislava: Univerzita Komenského.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (2007). *Exercise Physiology. Energy, Nutrition & Human Performance*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Mechlová, E., & Košťál, K. (1999). *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz*. Praha: Prometheus.
- Murray, R., Granner, D., Mayes, P., & Rodwell, V. (1998). *Harperova biochemie*, 23. vyd. Praha: H&H.
- Ozacakar, L., Cetin, A., Kunduracıoğlu, B., & Ülkar, B. (2003). Comparative body fat assessment in elite footballers. *Br J Sports Med*, vol. 37, no. 3, p. 278–279.

- Pařízková, J. (1961). Určování tzv. aktivní hmoty a tuku v lidském těle. *Časopis lékařů českých*, 3, 72–78.
- Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní tělesné hmoty u dětí a mládeže*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.
- Pařízková, J. (1973). *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu*. Praha: AVICENUM.
- Pařízková, J. (1998). Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Med. Sport Boh Slov*, sv. 7(1), 1–6.
- Pateyjohns, I. R., Brinkworth, G. D., Buckley, J. D., Noakes, M., & Clifton, P. M. (2006). *Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men*. Retrieved 15 .3. 2013 from the World Wide Web: <http://www.nature.com/oby/journal/v14/n11/full/oby2006241a.html>.
- Perič, T. (2008). *Sportovní příprava dětí*. Praha: Grada publishing.
- Přidalová, M. (2008). The Influence of cognitive-behavioural therapy on changes of selected somatic parameters. *16th Congress of the European Anthropological Association*, 124.
- Přidalová, M., & Gába, A. (2012). Zdravotní ukazatelé tělesného složení determinující obezitu u hospitalizovaných schizofreniků. *Česká antropologie*, vol. 62, no. 1, p. 34–39.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2002). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Přidalová, M., Kopecký, M., Riegerová, J., Savišová, H., Žárská, Z., Tenglerová, P., & Teplá, K. (2007). Physical activity and nutrition patterns in „STOB“ courses regarding somatic changes. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Gymnica*, 37 (2), 93.

- Přidalová, M., Rezková, T., Pelclová, J. & Dostálová, I. (2010). The association between physical activity and body composition parameters in overweight and obese women of Olomouc region Czech Republic, *Biological, Social and Cultural Dimensions of Human Health: Abstracts*, 113-113.
- Přidalová, M., Riegerová, J., Dostálová, I., Gába, A., & Kopecký, M. (2008). Effects of cognitive behavioral psychotherapy on body composition and constitution. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Gymnica*, 38 (2), 13-23.
- Přidalová, M., Sofková, T., Dostálová, I. & Gába, A. (2011). Vybrané zdravotní ukazatele u žen s nadváhou a obezitou ve věku 20–60 let, *Česká antropologie*, 61(1), 32-38.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrova, A., Netscher, J., & Novakova, H. (2006). *Fotbal kondiční trénink*. Praha: Grada.
- Querioga, Mr., Ferreira, SA, & Pereira, G. (2008). Somatotype and performance in female futsal players. *Brazilian Journal of Kinanthropometry & Human Performance*, vol. 10, no. 1, p. 56–61.
- Rampinini E. et al. (2009). Technical performance during soccer Matjes of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 12, no. 1, p. 227–233.
- Riegerová, J., Kapuš, O., & Gába, A. (2010). Analýza tělesné vody, minerálních složek, buněčné hmoty a edema indexů u českých mužů ve věku 20 až 80 let. *Česká antropologie*, vol. 60, no. 2, p. 23–25.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.

- Roche, A. F., Heymsfield, S. B., & Lohman, T. G. (1996). *Human body composition*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rokyta et al. (2008). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV nakladatelství, 51.
- Rokyta, R. et al. (2000). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Rokyta, R. et al. (2000). *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV nakladatelství
- Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, S., Irazusta, J., Casis, L. & Gil, J. (2005). Nutritional intake in soccer players of different ages. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), p. 235–242.
- Seliger V. – Vinařický R. – Trefný Z. (1980). *Fysiologie tělesných cvičení*. Avicenum, Praha.
- Shanholtzer, B. A., & Patterson, S. A. (2003). Use of bioelectrical impedance in hydration status assessment: reliability of a new tool in psychophysiology research. *International Journal of Psychophysiology*. 49, 217-226.
- Shizgal, H. (1987). Nutritional assessment with body composition measurements. *J Parenter Enteral Nutr.*, 11(5), p. 42–47.
- Schnabel, G. et al. (2003). *Trainingswissenschaft. Leistung. Training. Wettkampf*. Berlin: Sportsverlag.
- Silva, A., Wang, J., & Pierson, J. R. et al. (2005). Extracellular Water: Greater Expansion with Age in African Americans. *J Appl Physiol.*, 99(1), p. 261–267.

- Silvestre, R. et al. (2006). Body composition and physical performance in mens soccer: a study of national collegiate athletic association division I team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 20, no. 1, p. 177–183.
- Skorocká, I. (2005). Metody bioelektrické impedance ve sportovním tréninku dětí a mládeže. [online]. URL: <<http://www.ftvs.cuni.cz/eknihy/sborniky/2005-11-16/index.htm>> (27. 3. 2013)
- Sofková, T., Přidalová, M., Pelclová, J., & Dostálová, I. (2011). Změna tukové frakce u obézních žen ve vztahu k doporučené pohybové aktivitě. *Česká kinantropologie*, vol. 61, no. 1, p. 39–44.
- Soukup, J., Ulbrichová, M., Nováková, H., & Jelen, K. et al. (1990). *Biomechanické podmínky vrcholové sportovní výkonnosti*. Praha: LM VÚT UK.
- Soukup, V. (2011). *Antropologie: teorie člověka a kultury*. Praha: Portál.
- Talluri, T. (1998). Qualitative human body composition analysis assessed with bioelectrical impedance. *Coll Antropol.*, 22(2), p. 427–432.
- Talluri, T., Lietdke, R., Evangelisti, A., Talluri, J., & Maggia, G. (1999). Fat-free mass qualitative assessment with bioelectric impedance analysis (BIA). *Ann N Y Acad Sci.*, 20(873), p. 94–98.
- Trojan, S., et al. (1992). *Fyziológia 1*. Martin: Vydavatelství Osveta.
- Trojan, S., et al. (1996). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing.
- Vagnerova, M. (2000). *Vývojová psychologie*. Praha: Portal.
- Vaverka, F., & Černošek, M. (2007). *Základní tělesné rozměry a tenis*. Olomouc: Univerzita Palackého.

- Večeřa, K., & Novaček, V. (1995). *Sportovní hry III. Kopaná*. Brno: Masarykova univerzita.
- Volgyi, E., Tylavsky, F., Lyytikainen, A., Suominen, H., Alen, M., & Cheng, S. (2008). Assessing body composition with DXA and bioimpedance: effects of obesity, physical activity, and age. *Obesity*, vol 16, no. 3, p. 700–705.
- Votik, J., & Zalabak, J. (2006). *Trenér fotbalu „C“ licence*. Praha: Olympia.
- Všetulová, E., & Bunc, V. (2004). Effect of body composition on physical fitness and functional capacity in obese women. *Cas lek ces*, 143(11), p. 756–760.
- Wang, Z., Pierson Jr., R. & Heymsfield, S (1992). The five level model a new approach to organizing body composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), p. 19–28.
- Wilmore, J. H. (1992). *Body composition and body energy stores*. In Shepard R. J., Astrand, P. O. (Eds.) *Endurance in sport*. Oxford: Blacwell Scientific Publ.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Wolf, J., Albrecht, M., Bureš, Z., & Křivohlavý, J. (1977). *ABC člověka*. Praha: ORBIS.
- World Health Organization (2007). The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response. Retrieved 25. 4. 2011 from the World Wide Web: <http://www.euro.who.int/document/E90711.pdf>.
- Zeman, D. (2005). Obezita a metabolický syndrom. *Vnitřní lékařství*, vol. 51, no. 1, p. 72–75.

## 10 PŘÍLOHY

**Tabulka 1.** Seznam zkratek s vysvětlivkami

<b>zkratka</b>	<b>název v angličtině</b>	<b>název v češtině</b>
výška	Height	tělesná výška v cm
věk	Age	věk v letech
TW	Target Weight	cílová/plánovaná hmotnost v kg
FS	Fitness Score	fitness skóre
BMR	Basal Metabolic Rate	bazální metabolismus v kcal
BMC	Bone Mineral Content	množství minerálů v kg
BCM	Body Cell Mass	buněčná hmota v kg
TBCM	Target Body Cell Mass	cílová buněčná hmota v kg
VFA	Visceral Fat Area	oblast útrobního tuku v cm <sup>2</sup>
hmotnost	Weight	tělesná hmotnost v kg
SMM	Skeletal Muscle Mass	množství kosterního svalstva v kg
BFM	Body Fat Mass	celkový tělesný tuk v kg
PBF	Percent Body Fat	tělesný tuk v %
BMI	Body Mass Index	index tělesné hmotnosti v kg/m <sup>2</sup>
CW/TW	Current Weight Compared to Target Weight in Percentage	aktuální hmotnost ve srovnání s cílovou hmotností v %
TSMM	Target Sceletal Muscle Mass	cílové množství kosterlního svalstva
TPBF	Target Percent Body Fat	cílový tělesný tuk v %
RA kg	Right Arm Lean Mass	svalová hmota pravé horní končetiny v kg
RA %	Lean Mass of Right Arm in Percentage	svalová hmota pravé horní končetiny v %
TRA %	Target Lean Mass of Right Arm in Percentage	cílová svalová hmota pravé horní končetiny v %
LA kg	Left Arm Lean Mass	svalová hmota levé horní končetiny v kg
LA %	Lean Mass of Left Arm in Percentage	svalová hmota levé horní končetiny v %
TLA %	Target Lean Mass of Left Arm in Percentage	cílová svalová hmota levé horní končetiny v %
TR kg	Trunk Lean Mass	svalová hmota trupu v kg
TR %	Lean Mass of Trunk in Percentage	svalová hmota trupu v %
TTR %	Target Lean Mass of Trunk in Percentage	cílová svalová hmota trupu v %
RL kg	Right Leg Lean Mass	svalová hmota pravé dolní končetiny v kg
RL %	Lean Mass of Right Leg in Percentage	svalová hmota pravé dolní končetiny v %
TRL %	Target Lean Mass of Right Leg in Percentage	cílová svalová hmota pravé dolní končetiny v %



<b>zkratka</b>	<b>název v angličtině</b>	<b>název v češtině</b>
LL kg	Left Leg Lean Mass	svalová hmota levé dolní končetiny v kg
LL %	Lean Mass of Left Leg in Percentage	svalová hmota levé dolní končetiny v %
TLL %	Target Lean Mass of Left Leg in Percentage	cílová svalová hmota levé dolní končetiny v %
EI1	Edema Index 1	Index Edema 1 (ECF-extrac.tek./TBF-celková tek.)
EI2	Edema Index 2	Index Edema 2 (ECW/TBW)
ICW	Intracellular Water Mass	intracelulární voda v l
ECW	Extracellular Water Mass	extracelulární voda v l
PM	Protein Mass	proteiny v kg
MM	Mineral Mass	minerály v kg
TBW	Total Body Water Mass	celková tělesná voda v kg
SLM	Skeletal Lean Mass	štíhlá tělesná hmota v kg
FFM	Fat-Free Mass	tukuprostá hmota v kg
TICW	Target Intracellular Water Mass	cílová intracelulární voda v l
TECW	Target Extracellular Water Mass	cílová extracelulární voda v l
TTBW	Target Total Body Water Mass	cílová celková tělesná voda v kg
TPM	Target Protein Mass	cílová hodnota proteinů v kg
TMM	Target Mineral Mass	cílová hodnota minerálů v kg
FFMI	Fat-Freee Mass Index	index tukuprosté hmoty
BFMI	Body Fat Mass Index	index tukové hmoty
BCMI	Body Cell Mass Index	index buněčné hmoty
ECM	Extracellular Mass	mimobuněčná hmota v kg
ECM/BCM_I	Extracellular Mass/Body Cell Mass Index	index mimobuněčná hmota/buněčná hmota

**Tabulka 2. Základní popisné charakteristiky – 1. měření**

<b>Proměnná</b>	<b>N platných</b>	<b>Průměr</b>	<b>Medián</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
výška	29	150,92	152,00	6,53	138,70	163,50
věk	29	11,28	11,00	0,65	10,00	12,00
TW	29	45,36	46,00	6,05	34,60	60,20
FS	29	74,10	74,00	3,42	68,00	81,00
BMR	29	1129,80	1115,73	106,34	983,12	1475,96
BMC	29	1,94	1,91	0,29	1,57	2,90
BCM	29	23,03	22,46	3,21	18,65	33,30
TBCM	29	25,08	25,54	3,24	19,21	31,58
VFA	29	13,73	9,96	9,65	5,00	45,36
hmotnost	29	40,00	38,92	6,75	31,70	62,34
SMM	29	18,98	18,45	2,92	14,99	28,32
BFM	29	4,82	3,90	2,49	1,70	12,50
PBF	29	11,65	10,02	4,09	5,42	24,16
BMI	29	17,47	16,95	1,92	15,23	23,32
CW/TW	29	88,55	86,42	9,00	75,56	111,41
TSMM	29	20,73	21,26	3,07	15,23	26,76
TPBF	29	6,77	6,90	0,87	5,20	8,50
RA kg	29	1,57	1,50	0,35	1,06	2,67
RA %	29	88,41	83,83	17,38	57,21	126,89
TRA %	29	100,35	97,32	16,68	72,29	132,60
LA kg	29	1,56	1,52	0,37	1,05	2,81
LA %	29	87,74	83,50	17,97	57,00	133,24
TLA %	29	99,45	96,94	16,38	72,02	132,14
TR kg	29	15,10	14,69	2,30	11,76	22,27
TR %	29	91,38	90,55	8,73	75,14	112,25
TTR %	29	104,00	104,98	5,94	91,76	115,56
RL kg	29	5,23	5,27	0,84	3,89	7,61
RL %	29	88,80	86,57	8,78	74,84	116,71
TRL %	29	101,21	99,62	8,26	83,38	115,82
LL kg	29	5,20	5,27	0,83	3,83	7,53
LL %	29	88,29	87,29	8,68	74,35	115,84
TLL %	29	100,63	99,32	8,08	82,48	115,61
EI1	29	0,33	0,33	0,00	0,32	0,34
EI2	29	0,38	0,38	0,00	0,37	0,39
ICW	29	16,09	15,70	2,25	13,00	23,30
ECW	29	9,77	9,60	1,38	7,80	14,30
PM	29	6,95	6,80	0,98	5,60	10,10
MM	29	2,36	2,32	0,34	1,94	3,51
TBW	29	25,86	25,40	3,61	20,80	37,60
SLM	29	33,24	32,60	4,64	26,80	48,30
FFM	29	35,18	34,50	4,92	28,40	51,20
TICW	29	17,50	17,80	2,26	13,40	22,00
TECW	29	10,73	10,90	1,38	8,20	13,50
TTBW	29	28,24	28,80	3,66	21,60	35,60
TPM	29	7,58	7,70	0,98	5,80	9,50
TMM	29	2,61	2,66	0,34	2,00	3,29
FFMI	29	15,38	15,39	1,16	13,74	19,15
BFMI	29	2,09	1,71	1,00	0,88	5,39
BCMI	29	10,07	10,04	0,77	8,96	12,46
ECM	29	12,14	11,96	1,72	9,75	17,90
ECM/BCM_I	29	0,53	0,53	0,01	0,51	0,55

**Tabulka 3. Základní popisné charakteristiky – 2. měření**

<b>Proměnná</b>	<b>N platných</b>	<b>Průměr</b>	<b>Medián</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
výška	29	153,81	154,80	7,27	141,60	168,70
věk	29	11,90	12,00	0,86	10,00	13,00
TW	29	48,06	48,60	6,92	36,90	65,40
FS	29	74,24	74,00	4,02	67,00	85,00
BMR	29	1186,30	1161,70	131,43	1033,31	1600,00
BMC	29	2,08	2,02	0,34	1,68	3,16
BCM	29	24,75	24,06	4,01	20,12	37,31
TBCM	29	26,55	26,98	3,71	20,50	34,34
VFA	29	13,36	11,62	10,24	5,00	55,95
hmotnost	29	42,66	42,17	7,32	33,43	65,42
SMM	29	20,54	19,90	3,65	16,32	31,98
BFM	29	4,88	4,20	2,71	1,80	16,20
PBF	29	11,15	10,43	4,57	5,29	29,54
BMI	29	17,93	17,50	1,95	15,62	23,63
CW/TW	29	89,25	87,71	9,14	75,99	118,34
TSM	29	22,10	22,57	3,48	16,38	29,27
TPBF	29	7,17	7,30	1,00	5,50	9,30
RA kg	29	1,73	1,62	0,44	1,20	3,05
RA %	29	88,63	85,85	18,10	60,85	129,47
TRA %	29	99,74	95,80	16,35	73,78	131,83
LA kg	29	1,71	1,64	0,45	1,20	3,17
LA %	29	87,62	85,56	18,95	58,73	133,81
TLA %	29	98,49	94,20	16,77	71,21	132,34
TR kg	29	16,15	15,87	2,80	12,82	24,56
TR %	29	91,53	90,11	8,88	77,05	112,17
TTR %	29	103,46	102,64	5,75	93,43	113,41
RL kg	29	5,78	5,81	1,07	4,18	8,63
RL %	29	91,05	90,19	8,16	80,20	117,52
TRL %	29	103,10	103,50	7,27	82,23	116,30
LL kg	29	5,75	5,78	1,05	4,18	8,50
LL %	29	90,45	89,44	8,15	79,45	117,30
TLL %	29	102,42	102,65	7,21	81,04	116,08
EI1	29	0,33	0,33	0,00	0,33	0,34
EI2	29	0,38	0,38	0,00	0,37	0,39
ICW	29	17,28	16,80	2,81	14,00	26,10
ECW	29	10,51	10,20	1,67	8,50	15,70
PM	29	7,47	7,30	1,22	6,10	11,30
MM	29	2,54	2,46	0,41	2,00	3,78
TBW	29	27,79	26,90	4,47	22,60	41,80
SLM	29	35,71	34,60	5,75	29,00	53,80
FFM	29	37,79	36,70	6,08	30,70	56,90
TICW	29	18,54	18,80	2,59	14,30	24,00
TECW	29	11,36	11,50	1,59	8,80	14,70
TTBW	29	29,90	30,40	4,18	23,10	38,70
TPM	29	8,01	8,10	1,12	6,20	10,40
TMM	29	2,77	2,81	0,39	2,14	3,58
FFMI	29	15,88	15,82	1,30	14,20	20,09
BFMI	29	2,06	1,89	1,14	0,90	6,98
BCMI	29	10,40	10,36	0,87	9,25	13,17
ECM	29	13,04	12,64	2,08	10,51	19,59
ECM/BCM_I	29	0,53	0,53	0,01	0,51	0,54

**Tabulka 4. Základní popisné charakteristiky – 3. měření**

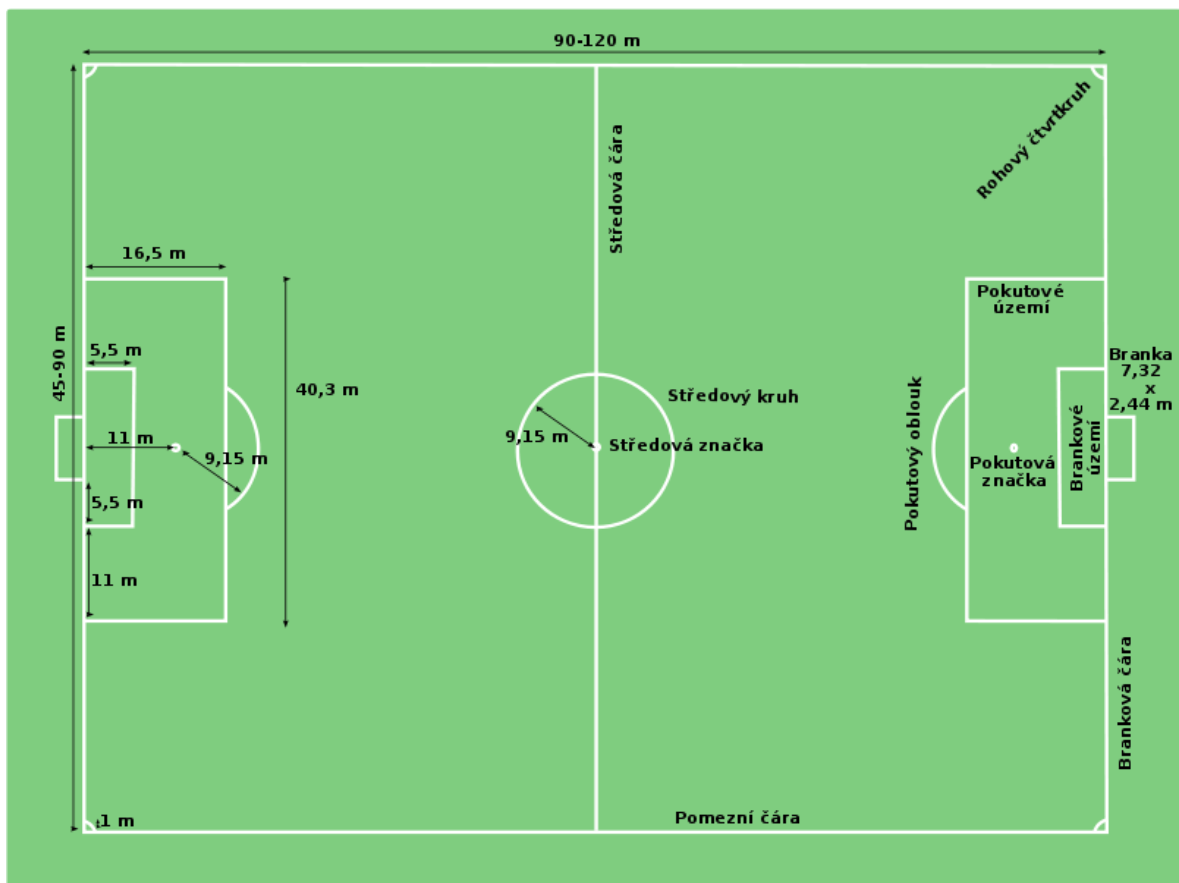
<b>Proměnná</b>	<b>N platných</b>	<b>Průměr</b>	<b>Medián</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
výška	29	157,26	158,50	7,69	143,50	172,50
věk	29	12,66	12,70	0,90	11,00	14,20
TW	29	51,29	52,20	7,37	38,50	69,00
FS	29	74,45	74,00	4,53	67,00	86,00
BMR	29	1249,51	1244,09	154,74	1052,86	1709,78
BMC	29	2,25	2,21	0,41	1,72	3,54
BCM	29	26,61	26,52	4,74	20,73	40,60
TBCM	29	28,33	28,92	3,98	21,37	36,31
VFA	29	13,70	10,93	10,66	5,00	53,80
hmotnost	29	46,02	44,73	8,24	34,93	68,97
SMM	29	22,23	22,15	4,32	16,88	34,97
BFM	29	5,30	4,70	2,80	2,10	16,50
PBF	29	11,33	10,39	4,64	4,01	27,68
BMI	29	18,48	18,12	2,02	15,98	23,68
CW/TW	29	90,10	88,78	8,93	77,53	114,09
TSM	29	23,74	24,34	3,71	17,17	31,06
TPBF	29	7,66	7,80	1,08	5,80	9,80
RA kg	29	1,95	1,92	0,52	1,26	3,39
RA %	29	91,11	89,69	18,13	63,11	130,66
TRA %	29	101,43	100,80	15,74	73,58	133,27
LA kg	29	1,94	1,84	0,52	1,28	3,48
LA %	29	90,33	89,13	18,54	64,34	136,21
TLA %	29	100,48	97,37	15,71	75,01	134,40
TR kg	29	17,51	17,43	3,24	13,37	26,48
TR %	29	92,40	92,01	8,81	78,25	111,20
TTR %	29	103,37	103,59	5,54	93,49	112,53
RL kg	29	6,17	6,21	1,22	4,20	9,37
RL %	29	89,90	89,65	8,44	77,17	113,24
TRL %	29	100,69	100,59	6,87	83,94	111,97
LL kg	29	6,14	6,17	1,21	4,18	9,28
LL %	29	89,45	88,12	8,46	76,47	113,10
TLL %	29	100,18	100,29	6,82	82,80	111,71
EI1	29	0,33	0,33	0,00	0,32	0,34
EI2	29	0,38	0,38	0,00	0,37	0,39
ICW	29	18,58	18,50	3,30	14,50	28,30
ECW	29	11,37	11,20	1,96	8,80	17,20
PM	29	8,03	8,00	1,43	6,30	12,30
MM	29	2,74	2,69	0,49	2,08	4,24
TBW	29	29,95	29,70	5,26	23,30	45,50
SLM	29	38,47	38,20	6,77	29,90	58,50
FFM	29	40,72	40,50	7,17	31,60	62,00
TICW	29	19,79	20,20	2,77	14,90	25,40
TECW	29	12,12	12,40	1,70	9,10	15,50
TTBW	29	31,92	32,60	4,49	24,10	40,90
TPM	29	8,55	8,70	1,20	6,50	11,00
TMM	29	2,95	3,01	0,41	2,23	3,78
FFMI	29	16,34	16,07	1,53	14,32	20,84
BFMI	29	2,14	1,98	1,11	0,73	6,57
BCMI	29	10,68	10,39	1,02	9,27	13,64
ECM	29	14,12	13,98	2,43	10,87	21,40
ECM/BCM_I	29	0,53	0,53	0,01	0,51	0,55

**Tabulka 5.** Přehled signifikantních rozdílů mezi jednotlivými měřeními

		1. - 2. m	2. - 3. m	1. - 3. m
výška	tělesná výška	*	*	*
věk	věk	*	*	*
TW	cílová/plánovaná hmotnost	*	*	*
FS	fitness skóre	†	†	†
BMR	bazální metabolismus	*	*	*
BMC	množství minerálů	*	*	*
BCM	buněčná hmota	*	*	*
TBCM	cílová buněčná hmota	*	*	*
hmotnost	tělesná hmotnost	*	*	*
SMM	množství kosterního svalstva v kg	*	*	*
BFM	celkový tělesný tuk	†	†	†
PBF	tělesný tuk v %	†	†	†
BMI	index tělesné hmotnosti	*	*	*
CW/TW	aktuální hmotnost ve srovnání s cílovou hmotností v %	†	†	†
TSM	cílové množství kosterního svalstva	*	*	*
TPBF	cílový tělesný tuk v %	*	*	*
RA kg	svalová hmota pravé horní končetiny v kg	*	*	*
RA %	svalová hmota pravé horní končetiny v %	†	†	†
TRA %	cílová svalová hmota pravé horní končetiny v %	†	†	†
LA kg	svalová hmota levé horní končetiny v kg	*	*	*
LA %	svalová hmota levé horní končetiny v %	†	†	†
TLA %	cílová svalová hmota levé horní končetiny v %	†	†	†
TR kg	svalová hmota trupu v kg	*	*	*
TR %	svalová hmota trupu v %	†	†	†
TTR %	cílová svalová hmota trupu v %	†	†	†
RL kg	svalová hmota pravé dolní končetiny v kg	*	*	*
RL %	svalová hmota pravé dolní končetiny v %	*	†	†
TRL %	cílová svalová hmota pravé dolní končetiny v %	†	†	†
LL kg	svalová hmota levé dolní končetiny v kg	*	*	*
LL %	svalová hmota levé dolní končetiny v %	*	†	†
TLL %	cílová svalová hmota levé dolní končetiny v %	†	†	†
EI1	Index Edema 1 (ECF-extrac.tekutina/TBF-celková tekutina)	*	*	†
EI2	Index Edema 2(ECW/TBW)	†	*	*
ICW	intracelulární voda	†	*	*
ECW	extracelulární voda	*	*	*
PM	proteiny	*	*	*
MM	minerály	*	*	*
TBW	celková tělesná voda	*	*	*
SLM	štíhlá tělesná hmota	*	*	*
FFM	tukuprostá hmota	*	*	*
TICW	cílová intracelulární voda	*	*	*
TECW	cílová extracelulární voda	*	*	*
TTBW	cílová celková tělesná voda	*	*	*
TPM	cílová hodnota proteinů	*	*	*
TMM	cílová hodnota minerálů	*	*	*
FFMI	index tukuprosté hmoty	*	*	*
BFMI	index tukové hmoty	†	†	†
BCMI	index buněčné hmoty	*	*	*
ECM	mimobuněčná hmota v kg	*	*	*
ECM/BCM_I	index mimobuněčná hmota/buněčná hmota	†	*	*

\* statisticky významná změna na hladině významnosti  $p < 0,05$

† statisticky nevýznamná změna  $p > 0,05$



**Obrázek 55.** Fotbalová hrací plocha (dle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Fotbalov%C3%A1\\_plocha.svg/800px-Fotbalov%C3%A1\\_plocha.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Fotbalov%C3%A1_plocha.svg/800px-Fotbalov%C3%A1_plocha.svg.png))

Jméno	Věk	Výška	Pohlaví	Datum
720 (720)	26,0Roky	175,0cm	Muž	2006/01/12 13:40:43

### Analýza tělesné kompozice

Úseky	Hodnoty	Celkové množství vody v těle	Množství měkké svaloviny	Čistá hmotnost bez tuku	Hmotnost	Normální rozmezí
Intracelulární voda (l)	29,6	47,0	60,6	64,2	83,2	23,5 ~ 28,7
Extracelulární voda (l)	17,4					14,4 ~ 17,6
Proteiny (kg)	12,8	Nekosterní: 3,60 Kosterní: 3,60				10,2 ~ 12,4
Minerály (kg)	4,37					3,50 ~ 4,28
Množství tuku v těle(kg)	19,0					8,1 ~ 16,2

### Zhodnocení stravy

Proteiny	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Nedostatek	
Minerály	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Nedostatek	
Tuk	<input type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Nedostatek	<input checked="" type="checkbox"/> Nadbytečný

### Analýza svalů-tuku

→ Minerály jsou ceněny

	Pod	Normální	Nad	Jednotka: %	Normální rozmezí								
Hmotnost (kg)	55	70	85	100	115	130	145	160	175	190	205	83,2	57,3 ~ 77,5
Svalová hmota (kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	36,6	28,8 ~ 35,2
Množství tuku v těle(kg)	40	60	80	100	160	200	280	340	400	460	520	19,0	8,1 ~ 16,2

### Udržování váhy

Hmotnost	<input type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod	<input checked="" type="checkbox"/> Nad
Svalová hmota	<input type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod	<input checked="" type="checkbox"/> Silný
Tuk	<input type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod	<input checked="" type="checkbox"/> Nad

### Diagnóza obezity

	Pod	Normální	Nad	Jednotka: %	Normální rozmezí								
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	10	15	18,5	22	25,0	30	35	40	45	50	55	27,2	18,5 ~ 25,0
Procento tuku v těle(%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	22,9	10,0 ~ 20,0
Poměr pasu a boků	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	0,90	0,75 ~ 0,85

### Diagnóza obezity

BMI	<input type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod	<input checked="" type="checkbox"/> Nad
Procento tuku v těle	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Nadměrné přes	<input checked="" type="checkbox"/> Nad
Poměr pasu a boků	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Nad	

### Svalová rovnováha

	Pod	Normální	Nad	Jednotka: %	Segmentální otok	Otok							
Pravá ruka (kg)	40	60	80	100	120	140	160	180	200	96,9	3,62	0,323	0,369
Levá ruka (kg)	40	60	80	100	120	140	160	180	200	96,0	3,59	0,324	0,370
Trup (kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	90,4	28,2	0,324	0,370
Pravá noha (kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	90,2	10,30	0,325	0,371
Levá noha (kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	90,9	10,38	0,324	0,371

### Tělesná rovnováha

Horní	<input checked="" type="checkbox"/> Vyrovnán	<input type="checkbox"/> Lehce nevyrovnan	<input type="checkbox"/> Velmi nevyrovnan
Pod	<input checked="" type="checkbox"/> Vyrovnán	<input type="checkbox"/> Lehce nevyrovnan	<input type="checkbox"/> Velmi nevyrovnan
Horní - dolní	<input checked="" type="checkbox"/> Vyrovnán	<input type="checkbox"/> Lehce nevyrovnan	<input type="checkbox"/> Velmi nevyrovnan

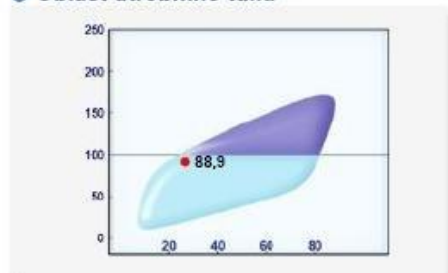
### Kontrola váhy

Norma váhy	75,5 kg
Kontrola váhy	-7,7 kg
Kontrola tuku	-7,7 kg
Kontrola svalstva	0,0 kg
Zhodnocení kondice	79 Body

### Síla těla

Horní	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Vyvinuté	<input type="checkbox"/> Slabý
Pod	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Vyvinuté	<input type="checkbox"/> Slabý
Svaly	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Vyvinuté	<input type="checkbox"/> Slabý

### Oblast útrobního tuku



### Impedance

Z	Pravá ruka	Levá ruka	Trup	Pravá noha	Levá noha
1kHz	332,6	337,3	25,8	283,9	273,6
5kHz	324,7	329,9	24,0	276,9	267,1
50kHz	280,5	284,6	19,9	238,6	226,0
250kHz	247,3	253,2	16,2	211,7	201,4
500kHz	237,8	244,1	15,2	207,1	194,8
1MHz	230,2	236,7	14,4	199,2	190,2

### Zdravá diagnóza

Tělní voda	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod		
Otok	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Lehký otok	<input type="checkbox"/> Otok	
Životní styl	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Upozornění	<input type="checkbox"/> Riskantní	<input type="checkbox"/> Vysoce riskantní

Copyright©1998-2006 by Biospace Co., Ltd.Všechna práva zašována.

Obrázek 56. Výstup z měření na přístroji InBody (dle <http://www.biospace.cz/soubory/katalogy-cz/inbody720-cz-katalog.pdf>)



Obrázek 57. Skupinové foto probandů v laboratoři



Obrázek 58. Skupinové foto probandů v laboratoři, skupina





**Obrázek 59.** Proband při měření na přístroji InBody 720

**Tabulka 6.** Specifikace přístroje InBody 720 (upraveno dle: <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>)

Metoda měření	Metoda přímé analýzy segmentové multi-frekvenční bioelektrické impedance, Metoda DSM-BIA
Jednotlivé položky měření	Impedance (Z) : 30 měření impedance za použití 6 různých frekvencí (1,5,50,250,500,1000 kHz) na každém z 5ti segmentů (pravá paže, levá paže, trup, pravá noha, levá noha)
	Reaktance (Xc) : 15 měření třemi různými frekvencemi (5,50,250 kHz) na každý z pěti segmentů
Metoda umístění elektrod	Čtyř polární, 8mi bodový dotykový systém elektrod.
Metoda výpočtu složení těla	Žádný empirický odhad
Výstupy	Intracelulární a extracelulární voda,protein,tuková hmota,hmota kosterního svalstva,váha,bez tuková hmota,BMI,segmentální bez tuková hmota,procento segmentální bez tukové hmoty,procento tělesného tuku,poměr pasu a boků (WHR),edema, segmentální edema,oblast útrobního tuku,růstová stupnice (u dětí pod 18 let),nutriční hodnoty (proteiny,minerály,tuk),tělesná rovnováha,tělesná síla,zdravotní diagnóza,cílová váha,kontrola váhy,kontrola tuku,kontrola svalstva,fitness skóre stupeň obezity,BCM,BMC,BMR,AC,AMC,historie tělesné stavby (posledních 10 měření),impedance každého segmentu a frekvence
Proud	100 $\mu$ A (1kHz),500 $\mu$ A (ostatní frekvence)
Zdroj energie	100–240 V,50/60 Hz
Typ displeje	640 $\times$ 480 barevný TFT LCD 1EA, USB Host 2EA, Ethernet(10T) 1EA
Kompatibilní tiskárna	Laserová/Inkoustová tiskárna (s PCL 3 a více, tiskárny podle doporučení Biospace)
Rozměry	520(šířka) 870(délka) 1200(výška) : mm
Váha stroje	45kg
Doba měření	méně než 2 minuty
Provozní prostředí	10 ~ 40 oC, 30 ~ 80% RH, 500 ~ 1060hPa
Skladovací prostředí	0 ~ 40 oC, 30 ~ 80% RH, 500 ~ 1060hPa
Rozsah váhy	10 ~ 250kg
Rozsah věku	6 ~ 99 let
Rozsah výšky	110 ~ 220cm

**Název diplomové práce:** Změny tělesného složení u chlapců z fotbalových sportovních tříd v průběhu ontogeneze

**Autor:** Bc. Zdeněk Beker

**Studijní obor:** Učitelství TV + NJ

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

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii  
Fakulta tělesné kultury  
Univerzita Palackého v Olomouci

**Rozsah práce:** 137 stran  
59 obrázků  
24 tabulek  
1 CD-ROM

© Bc. Zdeněk Beker, 2013