

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

DETERMINACE TĚLESNÉHO SLOŽENÍ FOTBALISTŮ PODLE HERNÍCH  
POSTŮ

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Pavel Marek, tělesná výchova a sport

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

Olomouc 2016

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Pavel Marek

**Název diplomové práce:** Determinace tělesného složení fotbalistů podle herních postů

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii FTK UP Olomouc

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

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2016

**Abstrakt:** Tato diplomová práce se zabývá determinací tělesného složení fotbalistů v závislosti na herním postu. Celkem bylo naměřeno 271 fotbalistů, kteří byli rozděleni na jednotlivé herní posty: brankář, obránce, záložník, útočník. Hráči obranné a záložní řady byli rozděleni na krajní a střední hráče. K měření bylo využito multifrekvenčního přístroje InBody 720 (BIA). Statisticky zpracovaná data vybraných parametrů byla srovnávána s doporučenými hodnotami a dalšími studii. Porovnávanými parametry byly: tělesná výška, tělesná hmotnost, celková tělesná voda, extra- a intracelulární voda, tukuprostá hmota, kosterní svalstvo, buněčná hmota, tělesný tuk, segmentální analýza, indexy, bazální metabolismus a fitness skóre. Porovnání parametrů bylo na hladině statistické významnosti  $p < 0,005$ , pouze u procentního zastoupení tělesného tuku bylo  $p = 0,0932$  (resp.  $p = 0,1692$ ). Nejvíce se lišili brankáři od ostatních postů, obránci a útočníci měli u většiny parametrů srovnatelné hodnoty. V porovnání s doporučenými hodnotami měli hráči vyšší zastoupení u všech parametrů, s výjimkou tělesného tuku a segmentální analýzy (u obránců a záložníků).

**Klíčová slova:** InBody 720, celková tělesná voda, tuk, tukuprostá hmota, brankář, obránce, záložník, útočník

Studie byla podporována prostřednictvím grantu „Hodnocení variability provedení chůze jako ukazatele rizika pádů“ z GAČR (R. Č. 15–13980S) a projektu „Hodnocení posturální stability jako základního faktoru pro prevenci pádů“ z IGA\_FTK\_2015\_006.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Pavel Marek

**Title of the master thesis:** Determination of body composition soccer players by the playing position

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

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

**The year of the presentation:** 2016

**Abstract:** This thesis deals with Determination of body composition soccer players depending on the playing position. Total was measured 271 soccer players, who were divided into individual playing positions: goalkeeper, defender, midfielder, forward. Defenders and midfielders were divided into external and central players. For measurement was used multi frequency instrument InBody 720 (BIA). Statistically processed data of selected parameters were compared with the recommended values and other studies. The evaluated parameters were: body height, body weight, total body water, extra- and intracellular water, fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass, body fat mass, segmental analysis, indices, basal metabolism and the fitness score. Comparison of parameters was at a level of statistical significance  $p < 0,005$ , only a percentage representation of body fat mass was  $p = 0,0932$  (resp.  $p = 0,1692$ ). The most different were goalkeepers from other playing positions, defenders and forwards had comparable values for most of the parameters. The players had higher values of all parameters in comparison with recommended values, with the exception of body fat and also segmental analysis (in defenders and midfielders).

**Keywords:** InBody 720, total body water, fat mass, fat free mass, goalkeeper, defender, midfielder, forward

The study has been supported by the grant „Hodnocení variability provedení chůze jako ukazatele rizika pádů“ from GAČR (R. Č. 15–13980S) and a project „Hodnocení posturální stability jako základního faktoru pro prevenci pádů“ from IGA\_FTK\_2015\_006.

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

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

V Olomouci dne: 29. 4. 2016

.....

Chtěl touto cestou poděkovat vedoucí mé diplomové práce Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Také děkuji RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při zpracování dat. Zároveň bych chtěl poděkovat mé rodině za podporu během studia.

Poděkování patří také hráčům, bez nichž by práce nemohla být realizována.

## **OBSAH**

1 ÚVOD .....	8
2 PŘEHLED POZNATKŮ .....	10
2.1 Fotbal .....	10
2.1.1 Fyziologické aspekty fotbalu .....	11
2.1.1.1 Aerobní požadavky .....	14
2.1.1.2 Anaerobní požadavky .....	17
2.1.2 Energetický systém .....	17
2.1.3 Respirační, kardiovaskulární a svalový systém .....	20
2.2 Tělesné složení .....	24
2.2.1 Bioelektrická impedanční analýza .....	25
2.2.1.1 Historie metody BIA .....	26
2.2.1.2 Princip metody BIA .....	26
2.2.1.3 Přístroje BIA .....	33
2.2.2 Parametry tělesného složení .....	39
3 CÍLE .....	47
4 METODIKA .....	48
4.1 Soubor .....	48
4.2 Průběh měření .....	48
4.2.1 InBody 720 .....	49
4.2.2 Podmínky pro měření a přesnost přístroje .....	49
4.3 Statistické zpracování dat .....	51
4.4 Sledované parametry a jejich popis .....	52

5 VÝSLEDKY .....	54
6 DISKUZE .....	68
7 ZÁVĚRY .....	74
8 SOUHRN .....	76
9 SUMMARY .....	79
10 REFERENČNÍ SEZNAM .....	82
11 PŘÍLOHY .....	95

## 1 ÚVOD

O hodnocení tělesného složení je značný zájem v oblasti sportu, protože je známo, že složení těla má významný vliv na sportovní výkon a pohybová aktivita má potenciál měnit tělesné složení (Kraemer, Volek, Clark, Gordon, Puhl, Koziris, McBride, Triplett-McBride, Putukian, Newton, Häkkinen, Bush, & Sebastianelli, 1999). Kolísání tělesné hmotnosti nemůže být samo o sobě adekvátně interpretováno, pokud se berou v úvahu kvantitativní změny složek (tělesný tuk, tukuprostá hmota, celková tělesná voda), protože se jednotlivé komponenty mění nezávisle na sobě. Informace o tělesném složení sportovní populace mohou být důležité, protože složení těla je indikátorem stavu výživy a informuje nás o akutní homeostáze vody (Andreoli, Melchiorri, Di Marco, Volpe, Grafano, Di Daniele, & Lorenzo, 2003). Podle Přidalové a Zapletalové (1997) jsou vrcholoví sportovci vybranou skupinou jedinců, kteří se vzájemně podobají svými somatickými znaky, které jsou charakteristické sportovnímu odvětví, kterému se věnují.

Fotbal patří mezi sportovní odvětví, ve kterém jsou hráči vystavováni velké zátěži. Proto, aby mohli hrát na vrcholové úrovni, musí mít na dostatečné úrovni všechny složky sportovního výkonu. Mezi tyto složky patří technické, taktické, fyziologické, psychické a somatické faktory. Podle Reilly a Williams (2003) rovnováha mezi těmito komponentami fotbalové zdatnosti v týmovém výkonu závisí na úrovni jednotlivých hráčů, poziční roli a herním stylu týmu. Dále závisí na věku, pohlaví, části sezony, vlivu prostředí, historii zranění a nutričním stavu hráčů.

Mezi somatické faktory patří tělesná stavba, výškové a hmotnostní parametry a také jednotlivé složky tělesného složení. Znalost těchto parametrů nám může sloužit k zefektivňování tréninkového procesu, ale také k výběru talentů či vhodného herního postu pro hráče. Podle Al-Hazzaa, Almuzaini, Al-Refae, Sulaiman, Dafterdar, Al-Ghamedi a Al-Khurairji (2001) hráči s vysokou tělesnou výškou většinou nastupují na postech brankáře, středního obránce či hrotového útočníka. Naopak krajní posty a střední záložníci bývají nižšího vzrůstu. To je dáno specifickými požadavky na hráče na jednotlivých herních postech. Podle Malé, Malého, Zahálky a Hráského (2015) neexistuje hráč s takovou morfologií těla a tělesnou stavbou, aby mohl nastupovat na všech herních postech. Podle Warner, Fornetti, Jallo a Pivarnik (2004) může monitorování tělesného složení sloužit také ke sledování změn parametrů tělesného složení v průběhu ročního tréninkového cyklu.



Tělesné složení je nejen nezbytnou podmínkou zdraví sportovce, ale také patří do struktury sportovního výkonu (Reilly & Williams, 2003). Důležité je mít jednotlivé komponenty tělesného složení v určitém poměru. Nejčastěji se hovoří o zastoupení tukuprosté hmoty a tělesného tuku. Podle Duthie, Pyne, Hopkins, Livingstone a Hooper (2006) je s vysokým podílem tělesného tuku spojen snížený výkon. Podle Miller a Klibanski (1999) je žádoucí mít vysoký poměr tukuprosté hmoty vůči tělesnému tuku, ale příliš nízké hodnoty tělesného tuku mohou být také nežádoucí pro výkon a škodlivé pro zdraví člověka. Při monitorování tělesného složení bychom však měli sledovat i další komponenty, které nám mohou sloužit k zjištění stavu hydratace, výživy, apod. Andreoli et al. (2003) například uvádí, že hodnocení extracelulární a intracelulární hmoty patří mezi nejlepší prediktory svalové efektivity, které může sloužit k předvídání fyzického výkonu.

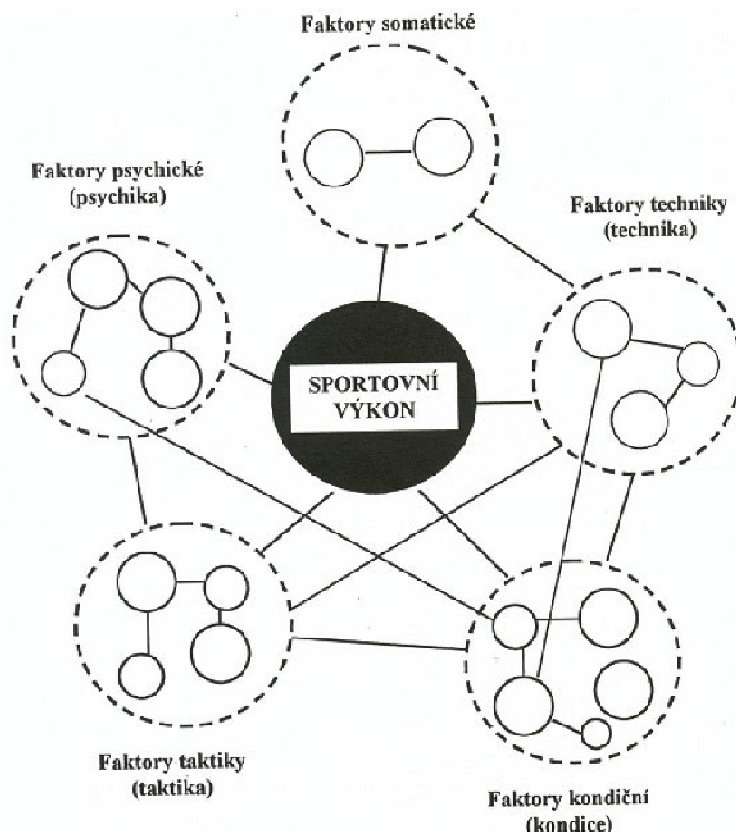
Pro odhad tělesného složení bývá využíváno různých metod. Ve sportovní praxi se často setkáváme s použitím bioelektrických impedančních analyzátorů, protože představují levnou, neinvazivní, rychlou a poměrně přesnou metodu odhadu.

Tato diplomová práce se zabývá determinací tělesného složení u fotbalistů v závislosti na herních postech, které v utkání hráči zastávají. Stanovení parametrů tělesného složení bylo provedeno na základě bioelektrické impedanční analýzy přístrojem InBody 720.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

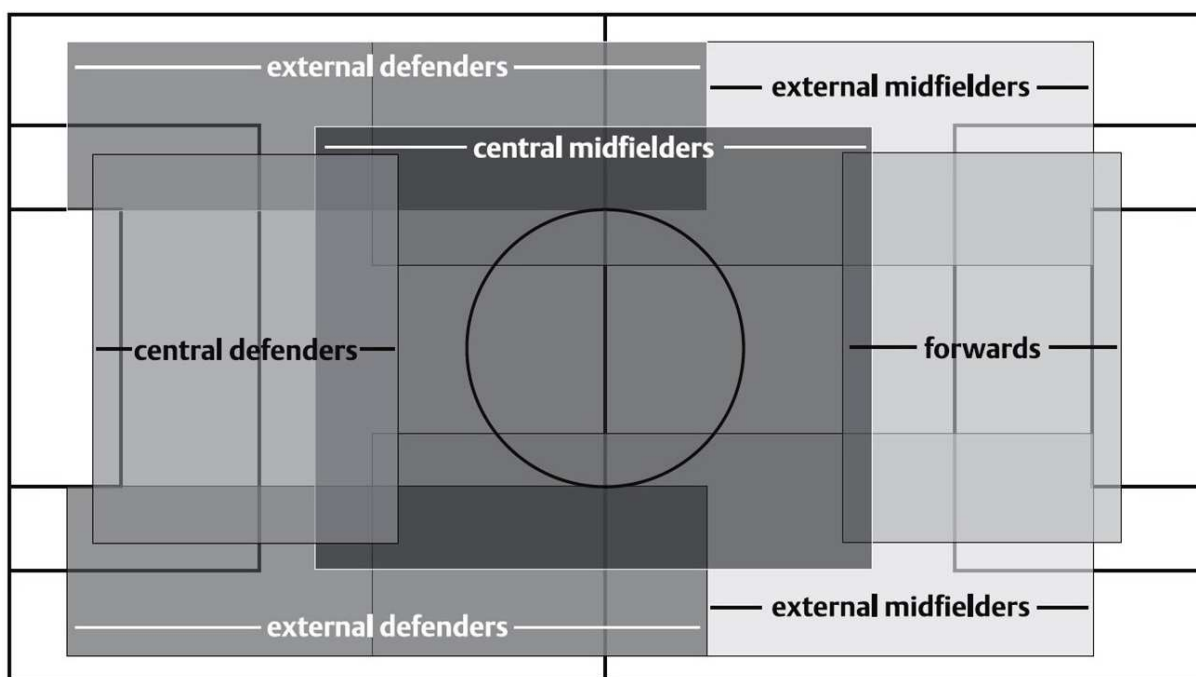
### 2.1 Fotbal

Fotbal je nejvíce populární sport na světě, který mohou hrát muži i ženy, děti i dospělí a to s různou úrovní fotbalových znalostí, schopností a dovedností (Haugen & Seiler, 2015; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Celosvětově fotbal aktivně hrají miliony hráčů, těší se velké přízně i mezi fanoušky (Novák, 2013). Kirkendall (2011) vidí největší krásu fotbalu skrytou v dovednostech, které musí hráči prokazovat při ovládnání míče. I přesto není fotbal pouze o dovednostech. Fotbalový výkon závisí na mnoha faktorech (Obrázek 1), které patří do oblasti techniky, taktiky, kondice, psychiky a somatických předpokladů (Botek, Gába, Lehnert, Přidalová, Vařeková, Botek, & Langer, 2010; Kalapotharakos, Strimpakos, Vithoulka, Karvounidis, Diamantopoulos, & Kapreli, 2006; Novák, 2013; Silva, Santhiago, Papoti, & Gobatto, 2008; Strauss, Jakobs, & van den Berg, 2012). Populárnost fotbalu spočívá především v tom, že i když se výkon skládá z mnoha oblastí, nemusí být všechny tyto oblasti na nejvyšší úrovni, ale je potřeba dosahovat přiměřené výkonnosti ve všech oblastech (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).



**Obrázek 1.** Struktura sportovního výkonu (upraveno dle Dovalil et al., 2012).

Fotbal je kolektivní míčovou hrou, kterou hraje 10 hráčů v poli a jeden brankář na každé soupeřící straně. Hřiště musí mít tvar obdélníka s rozměry 45–90 x 95–120 m. Hra trvá 2x45 minut, rozdělených patnácti minutovou přestávkou. Na hřišti rozlišujeme několik herních postů, které mají na hřišti svou specifickou úlohu (Obrázek 2). Základní dělení je na brankáře, obránce, záložníky a útočníky. Podrobněji můžeme poté hráče v obranné řadě rozdělit na krajní a střední obránce. To stejné platí i u hráčů záložníků – střední a krajní záložník. U středních záložníků můžeme rozlišovat ofenzivního a defenzivního středního záložníka. Podle Hazira (2010) a Mohra, Krustrupa a Bangsba (2003) mají různé herní posty, stejně jako v jiných kolektivních sportech, odlišné fyziologické požadavky na hráče.



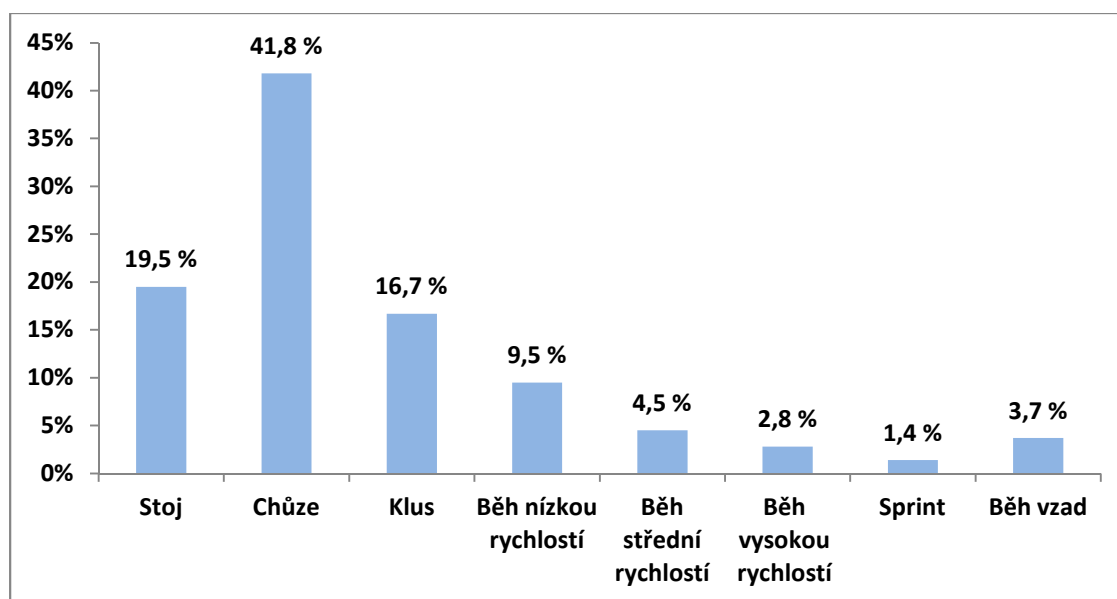
Central defenders – střední obránci, External defenders – krajní obránci, Central midfielders – střední záložníci, External midfielders – krajní záložníci, Forwards – útočníci

**Obrázek 2.** Poziční role jednotlivých herních postů ve fotbale (upraveno dle Di Salvo, Baron, Tschan, Montero, Bachl, & Pigozzi).

### 2.1.1 Fyziologické aspekty fotbalu

Fotbal je z pohledu převažujícího energetického krytí řazen mezi sporty aerobní s požadavky na anaerobní metabolismus při vysoce intenzivních činnostech. V průběhu utkání dochází ke střídání činností vysoké intenzity s činnostmi nízké intenzity, fotbalový výkon hráče je tedy charakterizován intermitencí pohybového zatížení (Frýbort, 2014). Během utkání se střídají intervaly, kdy hráč stojí, chodí, běží různými intenzitami (od nízké intenzity až po maximální), vykonává činnosti s míčem i bez něj. Intenzita pohybu se průměrně mění

každých 5–6 s, takže během utkání vykonají hráči okolo 1000–1400 diskrétních činností (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003). Autoři Stølen, Chamari, Castagna a Wisløff (2005) uvádějí, že hráči během utkání provádí průměrně každých 90 s sprint a celkově sprint tvoří přibližně 1–11 % z celkové uběhnuté vzdálenosti. Zároveň i oni potvrzují, že průměrně dochází ke změně intenzity zatížení každých 4–6 s. Činnosti, které hráči vykonávají v průběhu utkání, můžeme rozdělit na činnosti spojené s pohybem bez míče a s míčem. Podle Helgeruda, Eugena, Wisløffa a Hoffa (2001) provádí hráči během utkání 10–20 sprintů, 15 soubojů o míč, 10x hru hlavou, 50x vedení míče různými směry a intenzitami a 20–46 přihrávek. Četnost jednotlivých činností je závislá od herního postu. Mohr, Krustup a Bangsbo (2005) uvádějí, že střední obránci, záložníci a útočníci svedou větší počet soubojů a provádějí vícekrát hru hlavou, než krajní obránci. Útočníci a krajní obránci sprintují po delší dobu než záložníci a střední obránci. Zastoupení jednotlivých lokomocí v průběhu utkání u elitních hráčů fotbalu rozdělených podle intenzity můžeme vidět na obrázku 3, stoj je zde charakterizován rychlostí 0 km.h<sup>-1</sup>, chůze do 6 km.h<sup>-1</sup>, klus do 8 km.h<sup>-1</sup>, běh nízkou rychlostí do 12 km.h<sup>-1</sup>, běh střední rychlostí do 15 km.h<sup>-1</sup>, běh vysokou rychlostí do 18 km.h<sup>-1</sup>, sprint je okolo 30 km.h<sup>-1</sup> a běh vzad 10 km.h<sup>-1</sup> (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003).



**Obrázek 3.** Zastoupení jednotlivých lokomocí v utkání elitních hráčů fotbalu podle intenzity (upraveno dle Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003).

I přesto, že nejčastější je chůze, dosahuje průměrná intenzita zatížení během utkání 80–90 % maximální srdeční frekvence nebo 70–80 % maximální spotřeby kyslíku (McMillan, Helgerud, Macdonald, & Hoff, 2005; Edwards, Clark, & Macfadyen, 2003). S tím souhlasí i

Grasgruber a Cacek (2008) a dodávají, že záložníci mohou dosahovat intenzity až 85 %  $VO_{2max}$ . To znamená, že průměrná intenzita během utkání je okolo úrovně anaerobního prahu. V druhém poločase utkání je nižší intenzita zatížení a dochází také ke snížení uběhnuté vzdálenosti přibližně o 5–10 % v porovnání s prvním poločasem (Mohr, Krustup, & Bangsbo 2003). S tím souhlasí i Mohr, Krustup a Bangsbo (2005), kteří poukazují na snížení intenzity zatížení na konci utkání a také po intenzivnější části hry. Grasgruber a Cacek (2008) poukazují na zvýšenou únavu, oslabení regeneračních schopností hráče, sníženou celkovou aktivitu a snížení uběhnuté vzdálenosti ve druhém poločase. Udávají, že je to způsobeno tím, že během první poloviny utkání spálí fotbalisté většinu svalového glykogenu.

Vysoce intenzivní činnosti jsou hrazeny anaerobním metabolismem. Jedná se například o sprinty, starty, výskoky, střelbu, souboje. Tyto pohyby vysoké až maximální intenzity se střídají s pohyby střední intenzity, nebo s intervaly nižší intenzity. Mezi pohyby střední a nízké intenzity patří běh nízkou, střední a vysokou rychlostí, poklus, chůze a stoj. Činnosti nízké intenzity tvoří prostor pro zotavení (Psotta et al., 2006).

V průběhu fotbalového utkání, které trvá 90 minut, naběhají elitní hráči fotbalu okolo 9–12 km v závislosti na herním postu (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003; Rienzi, Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005; Bradley, Sheldon, Wooster, Olsen, Boanas, & Krustup, 2009). Podle Stølena, Chamariho, Castagny a Wisløffa, (2005) brankáři naběhají během utkání okolo 4 km. Z hráčů v poli nejvíce naběhají hráči záložní řady a v dnešním fotbale také krajní obránci, nejméně pak střední obránci. Krajní obránci provedou dvakrát více sprintů než střední obránci. Útočníci a střední záložníci 1,6–1,7x více sprintů než střední obránci. Ve studii Mohra, Krustupa a Bangsba (2005) překonali střední obránci menší vzdálenost ( $9,74 \pm 0,22$  km) v porovnání s krajními obránci ( $11,00 \pm 0,21$  km), záložníky ( $10,98 \pm 0,23$  km) a útočníky ( $10,48 \pm 0,30$  km). Potvrzují také redukci intenzity pohybů v druhém poločase utkání. Arnason, Sigurdsson, Gudmundsson, Holme, Engebretsen a Bahr (2004) vysvětlují větší uběhnutou vzdálenost záložníků tím, že jejich role slouží ke spojení mezi obránci a útočníky. Rozdíly mezi krajními a středními obránci jsou v uběhnuté vzdálenosti v důsledku toho, že krajní obránci jsou více zapojováni do útočné fáze hry než střední obránci. Bradley et al. (2009) potvrzují rozdílnost v celkové naběhané vzdálenosti během utkání a také variabilitu ve vzdálenostech uběhnutých různou intenzitou mezi jednotlivými herními posty, zároveň přidávají poznatky o maximální běžecké rychlosti a průměrném času zotavení na jednotlivých herních postech. Jejich poznatky shrnuje tabulka 1, kde je běh vysokou intenzitou tvořen během, během vysokou rychlostí a sprintem, rychlost

pohybu je vyšší než 14,4 km.h<sup>-1</sup>. Běh velmi vysokou intenzitou se skládal z běhu vysokou rychlostí a sprintu, rychlost byla vyšší než 19,8 km.h<sup>-1</sup>. Sprint odpovídal rychlosti běhu vyšší než 25,1 km.h<sup>-1</sup>.

**Tabulka 1.** Porovnání běžeckého výkonu hráčů na jednotlivých herních postech (upraveno dle Bradley et al., 2009).

	<b>Střední obránci</b> (n = 92)	<b>Krajní obránci</b> (n = 84)	<b>Střední záložníci</b> (n = 80)	<b>Krajní záložníci</b> (n = 52)	<b>Útočníci</b> (n = 62)
<b>Celková vzdálenost (m)</b>	9885 ± 555	10710 ± 589	11450 ± 608	11535 ± 933	10314 ± 1175
<b>Běh vysokou intenzitou (m)</b>	1834 ± 256	2605 ± 387	2825 ± 473	3138 ± 565	2341 ± 575
<b>Běh velmi vysokou intenzitou (m)</b>	603 ± 132	984 ± 195	927 ± 245	1214 ± 251	955 ± 239
<b>Sprint (m)</b>	152 ± 50	287 ± 98	204 ± 89	346 ± 115	264 ± 87
<b>Maximální běžecká rychlost (m.s<sup>-1</sup>)</b>	7,31 ± 0,30	7,74 ± 0,24	7,52 ± 0,32	7,93 ± 0,31	7,76 ± 0,28
<b>Čas zotavení (s)</b>	101 ± 15	74 ± 23	62 ± 19	51 ± 16	73 ± 22

Rienzi, Drust, Reilly, Carter a Martin (2000) srovnávali vzdálenost uběhnutou během utkání vztáženou k celému týmu. Z jejich výsledků vyplynulo, že hráči týmu z FA Premier League naběhali celkově přibližně o 15 km za utkání více než hráči jihoamerického týmu. Stølen, Chamari, Castagna a Wisløff (2005) ovšem dodávají, že tento výsledek neodráží, zda rozdíl vznikl v důsledky rozdílné aerobní kapacity, stylu hry či taktiky.

Z hlediska kondičních schopností je pro fotbal specifická vysoká úroveň síly, rychlosti a výbušnosti. Podle Botka et al. (2010) patří mezi základní komponenty kondice fotbalistů, na které by se mělo nejvíce soustředit ve fázi přípravy, rychlost (především reakce a akcelerace), výbušnost a rychlá síla, aerobní a anaerobní vytrvalost.

### 2.1.1.1 Aerobní požadavky

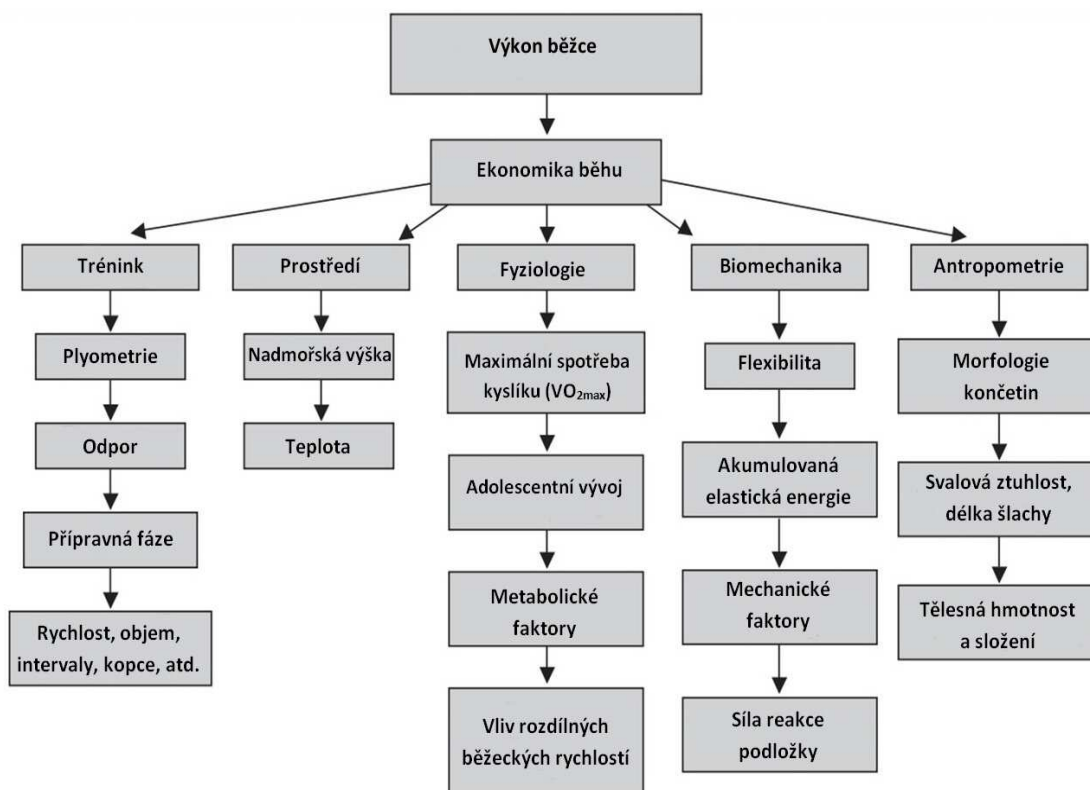
Fotbal je řazen mezi aerobní sporty s vysokými nároky na aerobní kapacitu, která je nezbytná pro rychlostní vytrvalost. Musíme si uvědomit, že až 90 % energetických nároků hry je kryto aerobním metabolismem (dos Santos, de Sousa, Olher, Neto, Pereira, & Sales, 2014; Silva, Santhiago, Papoti, & Gobatto, 2008). Podle McMillana, Helgeruda, MacDonalda a Hoffa (2001) patří mezi tři hlavní faktory aerobního vytrvalostního výkonu aerobní kapacita (VO<sub>2max</sub>), laktátový práh a ekonomika pohybu. Podle Ziogase, Patrased, Stergioua a Georgoulise (2011) bývá aerobní kapacita označována jako nejdůležitější z nich.

Aerobní výkonnost určují maximální aerobní výkon a aerobní kapacita. Pro vyjádření aerobní kapacity je ukazatelem maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2max}$ ), kterou vyjádříme v mililitrech na kilogram hmotnosti hráče za minutu (Psotta et al., 2006). Maximální spotřeba kyslíku by se ideálně měla u hráčů v poli pohybovat v rozmezí  $60\text{--}75 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , u brankářů  $50\text{--}55 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (Stejskal & Stejskal, 2014; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Podle Nováka (2013) dosahovali hráči FC Viktoria Plzeň v rozmezí let 2008–2011 hodnot nad  $60 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Stejskal a Stejskal (2014) poukazují na to, že hráčky fotbalu mají nižší aerobní kapacitu ( $38\text{--}58 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) v porovnání s mužskými hráči. McMillan, Helgerud, Macdonald a Hoff (2005) uvádějí, že lepší spotřeba kyslíku pozitivně ovlivňuje fotbalový výkon. Jde především o větší uběhnutou vzdálenost, více sprintů a práci s míčem. Průměrná maximální spotřeba kyslíku u fotbalistů je v rozmezí  $55\text{--}68 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Zároveň dodávají, že byly hlášeny také hodnoty vyšší než  $70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  u hráčů fotbalu. Také Helgerud, Engen, Wisloff a Hoff (2001) popisují pozitivní vliv vyšší aerobní zdatnosti na výkon, především na zvýšenou intenzitu zatížení během utkání, dvojnásobný počet sprintů, zapojení se do hry v rozhodujících fázích utkání, umožňuje také vyšší intenzitu pohybů v druhém poločase hry a překonanou vzdálenost v utkání. Kalapotharakos et al. (2006) poukazuje na to, že týmy, které mají lépe aerobně vybavené hráče, inklinovaly k lepšímu umístění v soutěžní tabulce.

Anaerobní práh bývá také nazýván jako laktátový práh. Anaerobní práh je intenzita zatížení, u které je v dynamické rovnováze tvorba a zpracování (využití) laktátu. Pokud se intenzita zatížení zvyšuje nad tuto úroveň, je tato rovnováha porušena a je vytvořeno více laktátu, než je možné jej zpracovat. Pokud má hráč anaerobní práh na vyšší úrovni než druhý hráč, je schopný provádět činnost vyšší intenzitou bez porušení rovnováhy než právě hráč s níže položeným anaerobním prahem. Úroveň laktátového prahu se může tréninkem zvýšit se zvýšením aerobní kapacity (Ishee & Foster, 2003). Podle Costilla, Danielse, Evanse, Finka, Krahenbuhla a Saltina (1976) je úroveň anaerobního prahu podmíněna několika faktory. Jedná se o vysoký podíl pomalých svalových vláken, prokrvení svalů, množství a počet mitochondrií, enzymatickou výbavu, apod.

Podle Stølena, Chamariho, Castagni a Wisløffa (2005) je anaerobní práh na úrovni  $76,6\text{--}90,3 \%$  z maximální srdeční frekvence. K podobným výsledkům došli i Edwards, Clark a Macfayden (2003), kteří testovali hráče fotbalu před sezonou a v jejím průběhu. Při měření před sezonou měli hráči laktátový práh na úrovni  $81 \%$  z  $VO_{2max}$ , v průběhu sezony byla jeho úroveň  $86 \%$   $VO_{2max}$ .

Ekonomika běhu se obvykle vyjadřuje jako spotřeba kyslíku za minutu na kilogram tělesné hmotnosti při definované intenzitě (rychlosti) zatížení. Měření probíhá při submaximální rychlosti pohybu (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Podle Grasgrubera a Cacka (2008) dochází k lineárnímu nárůstu spotřeby kyslíku v závislosti na zvyšování rychlosti běhu. Běžec, jehož pohyb je méně ekonomický spotřebuje pro svůj pohyb více kyslíku. Z toho poté plyne, že běžec s lepší ekonomikou pohybu může dosahovat při stejné spotřebě kyslíku vyšší rychlosti běhu. Na ekonomiku pohybu má vliv spousta faktorů (Obrázek 4). Fyziologické faktory v sobě skrývají spotřebu kyslíku při konkrétních rychlostech pohybu, tvorbu a odstranění laktátu, distribuce svalových vláken a anaerobní práh. Somatické faktory jsou spojeny s tělesnou výškou, šířkou boků, délkou dolních končetin, polohou pánve, parametry tělesného složení a jejich indexy. Technika běhu souvisí s prováděním pohybu, délkou kroku, flexibilitou, silovými vlastnostmi, plantární flexí, apod. Vliv prostředí a materiálního vybavení na běžeckou ekonomiku jsou označovány společným pojmem, endogenní faktory.



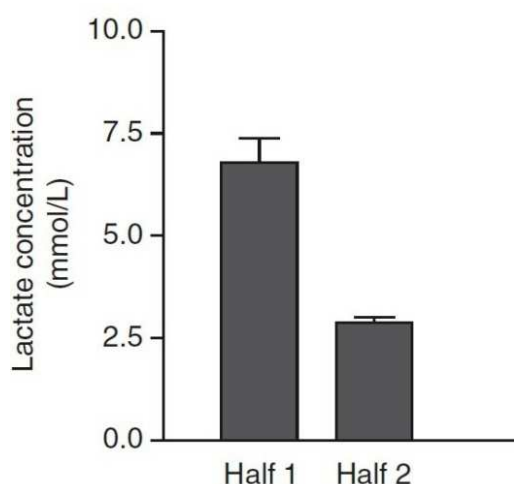
**Obrázek 4.** Faktory ovlivňující ekonomiky běhu (upraveno dle Saunders, Pyne, Telford, & Hawley, 2004).



### 2.1.1.2 Anaerobní požadavky

I přesto, že dodávka energie ve fotbale je až z 90 % tvořena aerobním metabolismem, jsou pohyby vysoké a maximální intenzity hrazeny převážně anaerobním metabolismem. Jedná se o činnosti jako starty na míč, sprint, výskoky a souboje, které patří mezi činnosti rozhodující v utkání o úspěchu či neúspěchu (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).

Pokud se podíváme na množství laktátu v krvi hráče, zjistíme, že se pohybuje v rozmezí 2–10 mmol/l. Individuálně může být koncentrace až 12 mmol/l (Bangsbo, 2014). Gastin (2001) však dodává, že koncentrace laktátu ve svazech je vyšší než v krvi. Podle Russella, Bentona a Kingsleye (2014) dochází v prvním poločase k větší tvorbě laktátu, než ve druhém poločase (Obrázek 5). S tím souhlasí Stølen, Chamari, Castagna a Wisløff (2005). Dodávají, že hráči v prvním poločase naběhají větší vzdálenost a pracují vyšší intenzitou. Večeřa a Nekula (2013) popisují rozdíly v koncentraci laktátu i mezi různými herními posty v závislosti na strategii a stylu hry týmu. Laktát může být využit jako energetický substrát za dostatečného přísunu kyslíku.



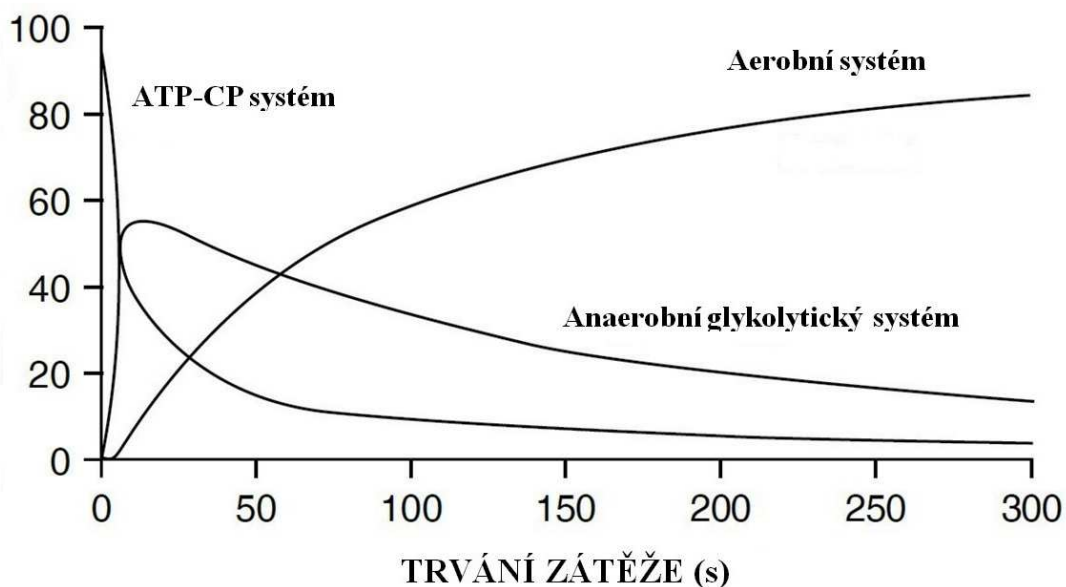
**Obrázek 5.** Koncentrace laktátu v krvi elitních fotbalistů na konci prvního (Half 1) a druhého (Half 2) poločasu (upraveno dle Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).

### 2.1.2 Energetický systém

Rokyta et al. (2008) popisuje energetický metabolismus jako děj, při kterém vzniká z chemické energie přijatých živin biologická energie, kterou lze využít v organismu. Biologická energie je ve formě adenosintrifosfátu (ATP). Jedná se o vysoce energetickou (makroergní) sloučeninu adenosinu a tří fosfátů. Jelikož je ATP potřebné například pro svalovou činnost (kontraktilní jednotky aktin a myozin), transport látek membránou, sekreci

žláz, změnu membránového potenciálu, apod., musí docházet v těle k jeho neustálé obnově. K tomu nám slouží tři systémy obnovy – anaerobní alaktátový, anaerobní laktátový (glykolytický) a aerobní. Podle Gastina (2001) v dřívějších letech vědci předpokládali, že jednotlivé systémy působí samostatně a postupně. Také se domnívali, že aerobní systém je velmi pomalý na to, aby se výrazněji podílel na tvorbě energie při výkonech krátkého trvání. Podle Máčka a Radvanského (2011) však působí tyto jednotlivé systémy v průběhu zatížení společně, jejich interakce účinně doplňuje množství ATP (Obrázek 6). Rozdíl je pouze v převaze některého z těchto systémů v závislosti na aktuálním typu zátěže a délce trvání zátěže. Podle Hoffmana (2014) dochází k tvorbě energie štěpením látek uložených ve svalech (např. glykogen a triglycerid) nebo látek zásobních, jako např. tuková tkáň. Vedlejším efektem přeměny živin na energii je tvorba tepla. Proto v důsledku zvýšeného metabolismu dochází k zvýšení teploty organismu. To může mít za následek i zvýšení srdeční frekvence.

#### ZDROJ ENERGIE (%)



**Obrázek 6.** Relativní podíl energetických systémů na celkové dodané energii při maximální intenzitě zátěže (upraveno dle Gastin, 2001).

Anaerobní procesy nepotřebují ke své činnosti kyslík, avšak dochází pouze k přeměně cukrů. Tvorba energie anaerobně je velmi rychlá, avšak nevhodná v porovnání s aerobním způsobem tvorby energie (Gastin, 2001). Anaerobní alaktátový systém převažuje na začátku zátěže, kdy dochází k spotřebování ATP uloženého ve svalech a jeho resyntéze pomocí kreatinfosfátu (CP). Výhodou je, že v průběhu tvorby energie ATP-CP systémem nedochází k tvorbě laktátu. Nevýhodou je malý energetický zisk. Vrcholu dosahuje po 1–2 s, poté jeho

využití klesá (Draper & Marshall, 2013; Máček & Radvanský, 2011). Při intenzivním intermitentním zatížení, jako je například ve fotbale či basketbale, je důležitá schopnost rychlé regenerace fosfátů. Podle Harrise, Edwardse, Hultmana, Nordesjö, Nylinda a Sahlina (1976) má regenerace kreatinfosfátu 2 fáze. V první fázi dochází k rychlé obnově CP, téměř polovina se zregeneruje po 20–30 s. Poté dojde k druhé fázi, která může potřebovat pro obnovení zásob CP až 20 minut. I přesto se většina CP obnoví během tří minut. Podle Bogdanis, Nevill, Boobis, Lakomy a Nevill (1995) zjišťovali koncentraci CP po 30 s sprintu a v zotavení. V průběhu 1,5 min. zotavení se dostali testované osoby na úroveň 60 % koncentrace klidového CP. S tím souhlasí Spencer, Bishop, Dawson, Goodman a Duffield (2006), kteří během testu opakovaných sprintů sledovali hladinu CP. Během aktivního zotavení, které trvalo 21 s, došlo k regeneraci přibližně 50 % klidového množství CP.

Při trvání zátěže déle než 2–5 s začíná převládat anaerobní laktátový systém. Energií tvoří z glukózy nebo glykogenu. Podle Hoffmana (2014) je glykolýza hlavním energetickým zdrojem pro vysoce intenzivní cvičení, která trvají okolo 1–3 minut. Výhodou tohoto systému je rychlost tvorby ATP, nevýhodou malý energetický zisk a tvorba laktátu. Laktát byl dříve mnohými vědci spojován se svalovou únavou a snížením svalového pH. Podle Robergse, Ghiasvanda a Parkera (2004) není z biochemického pohledu možné, aby laktát způsoboval acidózu. Ta je podle nich způsobena zvyšující se koncentrací vodíkových iontů ( $H^+$ ). Naopak tvorba laktátu spotřebovává dva vodíkové ionty, čímž acidózu zpomaluje. Večeřa a Nekula (2013) dodávají, že zároveň může laktát sloužit jako zdroj energie, která může být využita pro činnost srdce, bránici či pro pracující kosterní svaly. Laktát je využíván jak v pracujících tak i nepracujících svalech, většinu využívají pomalá oxidativní svalová vlákna.

Aerobní energetický systém je spojen s tvorbou energie spalováním sacharidů a tuků (mastných kyselin) za přítomnosti kyslíku. Za určitých podmínek, jako například při hladovění, vyčerpání sacharidů nebo dlouhodobém výkonu, může dojít i ke spalování proteinů. Tento systém tvorby energie je schopný produkovat velké množství ATP, ale jeho rychlost produkce energie je omezena limity. K těmto limitům patří rychlost kardiovaskulárního a respiračního systému dodat kyslík pracujícím svalům a také rychlost samotné oxidativní fosforylace (Gastin, 2001). Zapojení tohoto systému roste s trváním činnosti a snižováním intenzity zatížení. Podle Bangsba (2014) se v průběhu fotbalového utkání zvyšuje koncentrace volných mastných kyselin v krvi, v druhém poločase je nárůst vyšší. Je to způsobeno častými úseky nízké intenzity zatížení, které mají vliv na proudění krve do tukové tkáně. Průtok krve tukovou tkání podporuje uvolňování volných mastných kyselin.

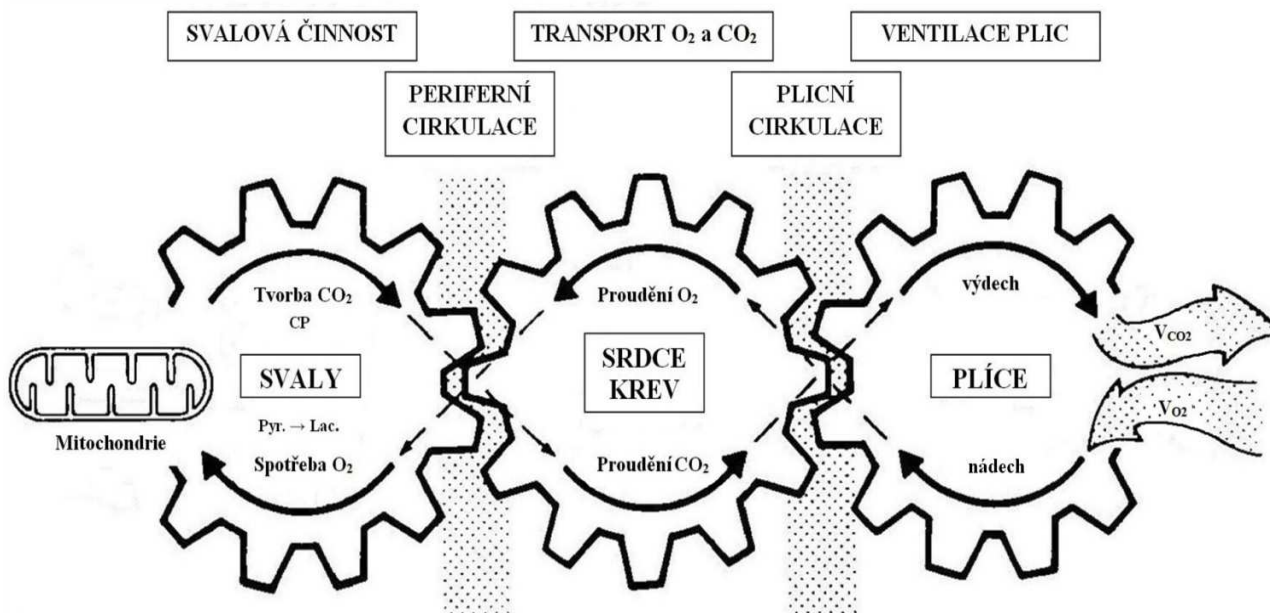
Tento mechanismus může fungovat jako kompenzační, při poklesu množství svalového glykogenu a při snaze udržovat stálou hladinu glukózy. Proto je ve fotbale využíváno volných mastných kyselin jako zdroje energie při těchto méně intenzivních úsecích hry.

Tak, jako se každý systém organismu přizpůsobuje zátěži, dochází k adaptačním změnám i v energetickém systému. Adaptace organismu na zátěž mají za cíl snížit velikost narušení homeostázy a také zvýšit ekonomičnost pohybu (Máček et al., 2011). Mnoho z fyziologických adaptací organismu při dlouhodobém tréninku se vztahují k zlepšenému generování většího množství energie a také k efektivnějšímu využití této energie (Hoffman, 2014). Podle Kučery a Dylevského (1999) patří k hlavním adaptačním změnám metabolismu zlepšená souhra hormonů, především katecholaminů, inzulínu a růstového hormonu. Podle Grasgrubera a Cacka (2008) je ve fotbale důležitá kapacita energetických zásob, jelikož z tohoto hlediska klade nejvyšší nároky ze všech sportovních her. Proto by mělo v tréninku docházet k takové stimulaci, aby docházelo k tvorbě energetických zásob, především glykogenových. Trénink fotbalistů by měl být podpořen dostatečnou výživou.

Energetický výdej hráče fotbalu s tělesnou hmotností 70 kg během utkání je 48,93 kJ.min<sup>-1</sup> (Draper & Marshall, 2013). Za celé utkání tedy přibližně 4404 kJ. Ve studii Osgnacha, Posera, Bernardiniho, Rinalda a Di Prampera (2010) byl při průměrné tělesné hmotnosti 75,8 kg energetický výdej za celé utkání 4633±498 kJ. Podle Reillyho (1997) při vedení míče dochází k zvýšenému energetickému výdeji o 5,2 kJ.min<sup>-1</sup>, v porovnání s během vpřed bez míče. Zároveň je v důsledku vedení míče zvýšená tvorba laktátu. Psotta et al. (2006) to vysvětluje jako důsledek přizpůsobení délky kroku a zvýšení frekvence kroku při vedení míče. Na velikost celkového energetického výdeje může mít vliv i prostředí (teplota, vlhkost, apod.).

### **2.1.3 Respirační, kardiovaskulární a svalový systém**

Na funkci těchto tří systémů je závislá velikost aerobní kapacity (VO<sub>2max</sub>). Pokud budeme vycházet ze schématu Wassermana (1997) zjistíme, že právě tyto tři systémy jsou klíčové v dodávce dostatečného množství kyslíku a živin k pracujícím svalům, jejich využití a také odstranění odpadních látek metabolismu (Obrázek 7).



**Obrázek 7.** Schéma transportu kyslíku (O<sub>2</sub>) a oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) (upraveno dle Wasserman, 1997).

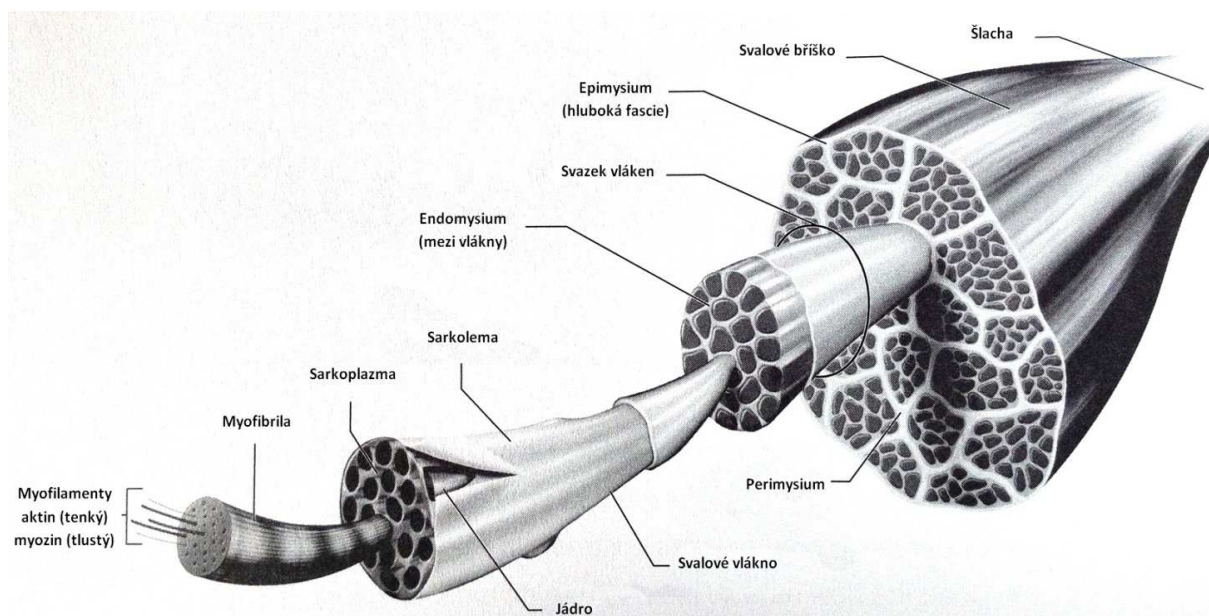
Respirační systém je důležitý pro oksyločení proudící krve a pro odstranění oxidu uhličitého. Hlavní úkolem respiračního systému je usnadnění výměny kyslíku a oxidu uhličitého mezi vzduchem a vnitřním prostředím těla. Nejdůležitějším orgánem respiračního systému jsou plíce.

Kardiovaskulární systém je tvořen srdcem, tepnami a žilami. V tomto systému cirkuluje krev malým (plicním) a velkým krevním oběhem. Kardiovaskulární systém má za úkol dostat oksyločenou krev od plic k pracujícím svalům, od svalů naopak přivádět krev k oksyločení. Krevní oběh funguje tak, že krev z těla je přiváděna do pravé srdeční předsíně dutými žilami. Z předsíně je krev vstříknuta do pravé srdeční komory, odkud je krev dále přečerpána do plicního řečiště. Z plic je krev vedena plicními žilami a je již oksyločená. Plicní žíly vedou krev až do levé srdeční předsíně, pokračuje krev do levé srdeční komory. Takto funguje plicní část krevního oběhu. Z levé srdeční komory je krev vstříknuta do aorty a rozváděna do celého těla systémem tepen, arteriol, kapilární sítě. Do srdce se vrací odkysločená krev systémem žil (venuly, žíly, duté žíly), přes pravou srdeční předsíň do pravé komory (Přidalová & Riegerová, 2009). Zároveň nám krev slouží k transportu živin, laktátu, apod.

Adaptační změny kardiovaskulárního systému, se projevují zvýšením objemu cirkulující krve, minutového srdečního výdeje, zlepšení arteriovenózní diference a snížením klidové srdeční frekvence. Netrénovaný jedinec má klidovou SF okolo 60–80 tepů.min<sup>-1</sup>. Klidová srdeční frekvence je u trénovaných fotbalistů v důsledku adaptace především na tréninkové

zatížení přibližně 50–60 tepů.min<sup>-1</sup> (Psotta et al., 2006). To je v porovnání s běžnou populací stejného věku nižší hodnota.

Svalová tkáň je uzpůsobena k pohybu člověka (Přidalová & Riegerová, 2008). Rozlišujeme 3 typy svaloviny: hladkou, příčně pruhovanou (kosterní) a srdeční. Kosterní svalovina vytváří kosterní svalstvo. Název vznikl podle toho, že má svůj začátek i konec na kostře. Také můžeme vidět pruhování (Draper & Marshall, 2013). Srdeční a hladké svaly představují přibližně 10 % tělesné hmotnosti, kosterní svaly asi 40 % tělesné hmotnosti (Rokyta et al., 2008). Kosterní svalstvo má svou strukturu (Obrázek 8). Nejmohtnější místo kosterního svalu se nazývá svalové břicho. To je tvořeno svazky svalových vláken. Svazky svalových vláken jsou tvořeny svalovými vlákny. Každé svalové vlákno je obaleno membránou = sarkolemou. Počet vláken v každém svalu je rozdílný v závislosti na funkci a velikosti. Svalové vlákno je tvořeno myofibrilami, které leží rovnoběžně se svalovým vláknem. Prostor mezi myofibrilami je vyplněn sarkoplazmou. Sarkoplazma obsahuje glykogen, enzymy, CP, mitochondrie, myoglobin a sarkoplazmatické retikulum. Myofibrily obsahují myofilamenty – aktin a myozin. Jejich množství v jedné myofibrile je asi 1500 aktinových vláken a 3000 myozinových vláken. Uspořádání aktinu a myozinu dává svalu typické příčné pruhování (Draper & Mashall, 2013; Přidalová & Riegerová, 2008).



**Obrázek 8.** Struktura svalu (upraveno dle Hoffmana, 2014).

Svalová vlákna můžeme dle jejich vlastností dělit na 3 typy. Jedná se o typ I, IIa a IIb. Podle Hoffmana (2014) je dělení na základě metabolických a kontraktilních charakteristik jednotlivých typů vláken (Tabulka 2). Typ I jsou svalová vlákna označovaná jako pomalá,

oxidativní svalová vlákna. Pro své zbarvení bývají nazývána červenými (Přidalová & Riegerová, 2008). Svalová vlákna typu I bývají spojována s pomalou kontrakcí, která je okolo 70–140 ms (Grasgruber & Cacek, 2008). To znamená, že tato vlákna produkují menší napětí a pomalejším tempem. Výhodou je, že se mohou stahovat opakovaně, protože většina energie je pro jejich kontrakci získávána aerobně (Kirkendall, 2011). Charakteristický je pro ně pomalý pohyb, statické výdrže, malá unavitelnost. Podle Grasgrubera a Cacka (2008) je jejich největší využitelnost při aktivitách aerobních, jako například běh na 800 m a delší tratě.

**Tabulka 2.** Charakteristické vlastnosti svalových vláken (upraveno dle Haff & Triplett, 2016).

CHARAKTERISTIKA	TYP I	TYP IIa	TYP IIb
Barva	červená	červená/bílá	bílá
Rychlost kontrakce	pomalá	rychlá	rychlá
Rychlost relaxace	pomalá	rychlá	rychlá
Odolnost proti únavě	vysoká	střední/nízká	nízká
Vytrvalost	vysoká	střední/nízká	nízká
Produkce síly	nízká	střední	vysoká
Výkon	nízký	střední/vysoký	vysoký
Množství aerobních enzymů	vysoké	střední/nízké	nízké
Množství anaerobních enzymů	nízké	vysoké	vysoké
Hustota kapilár	vysoká	střední	nízká
Velikost a hustota mitochondrií	vysoká	střední	nízká
Obsah myoglobinu	vysoký	nízký	nízký

Typ II obecně je nazýván rychlými svalovými vlákny. Mezi rychlá svalová vlákna řadíme IIa a IIb (v literatuře IIb i jako IIx). Podle Kenneye, Wilmora a Costilla (2015) existuje i třetí podtyp rychlých svalových vláken, IIc. Rychlá svalová vlákna se vyznačují rychlou kontrakcí a produkcí velké síly. Problémem je jejich unavitelnost v důsledku zisku energie pro kontrakci anaerobní cestou. Typ IIa jsou vlákna, která jsou rychlá, červená. Jsou středně silná, více objemná než pomalá červená, ale méně než rychlá bílá vlákna. Svými vlastnostmi představuje tento typ přechod mezi I a IIb. Podle Grasgrubera a Cacka (2008) je rychlost kontrakce mezi 50–100 ms, největší využití při činnostech dlouhodobých anaerobních (běhy 100–400 m, či obdobné aktivity). Vlákna typu IIb jsou bílá, glykolytická, velmi rychlá. Rychlost kontrakce je 20–50 ms, nejvíce využívána při krátkodobých anaerobních aktivitách. To znamená výskoky, odrazy, souboje, běhy do 60 m. Dokážou vyprodukovat největší dynamickou sílu, využití je při výbušných vysoce intenzivních činnostech. Tato vlákna jsou protikladem červených pomalých vláken (Draper & Marshall, 2013; Kirkendall, 2011).

Podle autorů Kenney, Wilmore a Costill (2015) jsou svaly průměrně tvořeny 50 % vlákny I, 25 % typem IIa, téměř 25 % vlákny IIb a 1–3% vlákny typu IIc. Protože jsou ve fotbale důležité aerobní i anaerobní vlastnosti, udává se, že je důležité mít vysoký podíl jak pomalých, tak i rychlých svalových vláken. Pro popis udávají autoři pouze dělení na typ I a typ II. Vlákna typu II zahrnují jak IIa tak i IIb (IIx). Podle Kirkendalla (2011) je poměr svalových vláken fotbalistů okolo 50 : 50 (rychlá : pomalá). Grasgruber a Cacek tvrdí, že se fotbalisté podobají svou svalovou stavbou běžcům na 800–1500 m. Důraz kladen na svalstvo dolních končetin, které je silné a hustě prokrvené. Zároveň udávají poměr svalových vláken vyrovnaný, mírná převaha rychlých svalových vláken, ve vastus lateralis 50–60 %. Haff a Triplett (2016) popisují potřebu vysokého poměru rychlých i pomalých vláken. Proto také bývá udáváno, že fotbalu se může věnovat téměř kdokoliv. Na rozdíl od sportů, kde je důležitý genetický základ (sprinteři vysoký podíl rychlých svalových vláken a nízký podíl pomalých; maratonec nízký podíl rychlých svalových vláken a vysoký podíl pomalých svalových vláken). Důležitou roli pro výkon ovšem mají i další faktory, ne pouze poměr svalových vláken.

## **2.2 Tělesné složení**

Tělesné složení odráží hromadění živin a dalších látek a jejich ukládání v lidském těle v průběhu celého života (Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2005). Podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) má na tělesné složení vliv genetika, úroveň pohybové aktivity, výživa, zdravotní stav. Současné studie zaměřené na tělesné složení se zabývají změnami v zastoupení dílčích tělesných frakcí v různých fázích vývoje člověka. Dále se využívá sledování změn tělesného složení k monitorování vlivu tělesného zatížení a tréninku. Tělesná stavba, složení těla a jeho rozměry patří k významným faktorům fyzické zdatnosti a motorické výkonnosti. Analýzy tělesného složení nám slouží k zjištění z čeho je tělo složeno, ale také i v jakém poměru jednotlivé látky jsou.

Složení těla je studováno již mnoho let. První zmínky pocházejí z roku 440 před naším letopočtem ze starého Řecka. Podle tehdejších obyvatel bylo tělo tvořeno čtyřmi základními prvky, kterými jsou oheň, země, vzduch a voda (Schultz, 2002). Dále tyto prvky mohly mít vlastnosti – studený, teplý, suchý a vlhký. Při trávení se pití a jídlo převedly na některou ze čtyř šťáv – krev, hlen, černá a bílá žluč (Heymsfield, 2008). Hippokrates zdůrazňoval, že by měli být tyto prvky v rovnováze, aby byl člověk zdravý. Při nerovnováze je nemocný (Schultz, 2002). V Číně bylo tělo složeno z 5 prvků, jimiž jsou kov, dřevo, voda, oheň a země



(Wang, Wang, & Heymsfield, 1999). Od těchto počátků prošlo studium tělesného složení dlouhým vývojem, především s vývojem vědních oborů jako chemie či anatomie. V současné době existuje mnoho metod odhadu tělesného složení, které můžeme dělit na laboratorní a terénní.

Podle Stewarta a Sutton (2012) mezi laboratorní metody patří hydrostatické vážení, pletysmografie, duální rentgenová absorpciometrie (DEXA), 3D fotonické skenování, lékařské zobrazovací metody (počítačová tomografie, magnetická rezonance, neutronová aktivační analýza, celkový tělesný draslík) a také analýza mrtvol. Podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) využívá DEXA dvou rentgenových paprsků a zjišťuje proměnlivost v zúžení těchto paprsků při průchodu tělem. Z výsledků rozdílnosti poté rozlišuje, zda se jedná o měkké tkáně či minerály. Měkké tkáně poté dělí na tukovou a tukuprostou hmotu. Nevýhodou přístrojů, které využívají tuto metodu, je cena, dále problémy s měřením obézních osob. DEXA bývá využívána jako referenční pro bioelektrické impedanční analyzátory. Podle Demura, Sata a Kitabayashiho (2004) některé bioelektrické impedanční analyzátory jako referenční metodu hydrostatické vážení.

Mezi terénní řadí Stewart a Sutton (2012) bioelektrickou impedanční analýzu, antropometrii, ultrazvuk a infračervenou interakci. Podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové je metoda odhadu tělesného složení pomocí ultrazvuku založena na rozdílných akustických vlastnostech tkání. Problémem je validita této metody. Za validnější metodu je považována kaliperace.

### **2.2.1 Bioelektrická impedanční analýza (BIA – Bioelectrical Impedance Analysis)**

Bioelektrická impedanční analýza je metoda odhadu tělesného složení, která patří mezi terénní metody. Tato metoda je neinvazivní, rychlá, poměrně levná a nenáročná. Výhodou BIA je možnost využití k měření zdravých osob, ale i osob s různými onemocněními (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Moderní přístroje firmy Biospace lze využít pro odhad tělesného složení různých skupin populace, tedy i pro děti, seniory, sportovce a obézní osoby, stále s vysokou přesností výsledků (Biospace, 2009a). Podle Gáby, Zajáč-Gawlac, Přidalové a Pošpiecha (2011) je BIA finančně dostupná a velmi přesná metoda odhadu tělesného složení. Dodávají, že je možné ji využít jako laboratorní i terénní metodu. Dále autoři konstatují, že lze použít přístroje InBody 720 a Tanita BC-418 pro odhad tělesného složení u žen nad 55 let, pokud budou dodrženy standardní podmínky. Také je důležité, aby predikční rovnice byly uzpůsobeny specifikům různých populačních skupin, aby bylo

dosaženo přesného měření. Podle Barbosa-Silva a Barros (2005) je bioelektrická impedanční analýza, z důvodu využívání predikčních rovnic, nepřímou metodou stanovení tělesného složení.

### **2.2.1.1 Historie metody BIA**

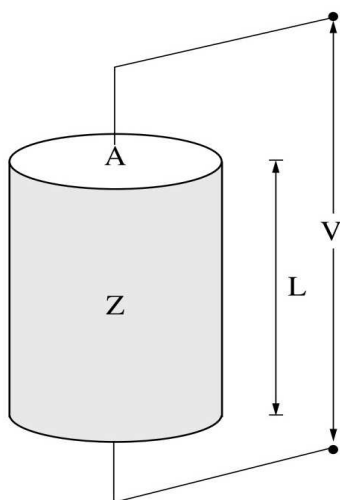
Historie bioelektrické impedanční analýzy sahá až do roku 1786, kdy italský fyzik Galvani sledoval působení elektrického proudu na strukturu tkání žáby (Dorhöfer & Pirlich, 2007). Podle Kyle, Bosaeus, Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gómez, Heitmann, Kent-Smith, Melchior, Pirlich, Scharfetter, Schols, a Pichard (2004a) byly v roce 1871 popsány elektrické vlastnosti tkání. Tento popis byl dále rozšířen o větší množství tkání, včetně poškozených tkání či tkání, které se postupně po smrti mění. Francouzský lékař Thomasset byl přesvědčen o tom, že elektrický odpor odráží obsah tekutin v lidském těle. V roce 1962 se svými kolegy vyvinul jeden z prvních impedančních analyzátorů pro měření biologické tkáně (Dorhöfer & Pirlich, 2007; Kyle et al., 2004). Pro měření celkové tělesné vody využívali dvou jehel vložených pod kůži. Přístrojům BIA, jak je známe v dnešní době, dal základ v roce 1970 americký výzkumný pracovník Nyboer. Jako první začal využívat čtyř-elektrodivý analyzátor. Nyboerovi se podařilo dokázat, že pomocí hodnot impedance lze odvodit tělesné složení. Od zmíněného roku 1970 byly tedy stanoveny základy bioelektrické impedanční analýzy, které podporují vztah mezi impedancí a obsahem vody v těle (Dorhöfer & Pirlich, 2007; Kyle et al., 2004a). V následujících letech došlo k rozvoji této metody odhadu tělesného složení. V 80. letech byla BIA testována a porovnáována s různými dalšími metodami. Prokázalo se využití této metody a začala být mezinárodně uznávanou v oblasti nutriční medicíny či antropologie. Zvýšila se také dostupnost analyzátorů, především mono-frekvenčních (Single-frequency). Od roku 1990 se na trhu objevují i multi-frekvenční analyzátory tělesného složení. BIA začala být stále více využívána, například i u lůžek pacientů. Hlavně proto, že je zařízení přenosné a bezpečné. Zároveň jednoduché na obsluhu a neinvazivní, přitom je možné testování opakovat a výsledky jsou rychle k dispozici (Dorhöfer & Pirlich, 2007; Kyle et al., 2004a). V posledních letech dochází ke zdokonalování přístrojů, možnosti segmentální analýzy, možnosti využití pro širší spektrum populace (senioři, atleti, děti, apod.).

### **2.2.1.2 Princip metody BIA**

BIA je založena na rozdílném šíření elektrického proudu v různých tkáních lidského těla. Do těla vstupuje střídavý elektrický proud, který je bezpečný a nízký. V lidském těle je

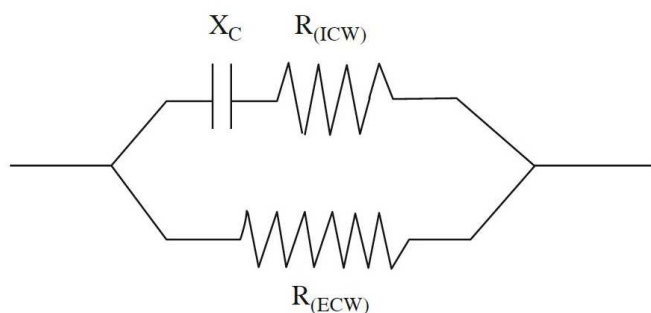
vodičem voda. Přístroje BIA měří impedanci vody v těle. Tkáně, které obsahují velké množství vody, fungují jako vodič. Proto bude hodnota impedance nízká. Příkladem může být tukuprostá hmota (FFM), která obsahuje 72–74 % vody. Tkáň, která neobsahuje téměř žádnou vodu, se chová jako izolant (např. tuková tkáň). Velikost impedance bude v takovém případě vyšší. Bioelektrická impedanční analýza je závislá na elektrických vlastnostech lidského těla. Mezi tyto vlastnosti patří stav hydratace, věk, rasa, hustota, fyzická kondice a pohlaví (Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2005). Pro účely bioelektrické impedanční analýzy je tělo považováno za válec. Při segmentální analýze (pokud ji umožňuje přístroj) je tělo považováno za 5 válců (trup, pravá a levá horní končetina, pravá a levá dolní končetina).

BIA je metoda odhadu tělesného složení, která do těla přivádí elektrický proud. Elektrická impedance ( $Z$ ) se vypočítá z elektrického proudu ( $I$ ) a napětí ( $U$ ), které se naměří. Impedance je v podstatě odpor tkání, který je kladen procházejícímu proudu. Podle Dorhöfera a Pirlicha (2007) je elektrická impedance definována jako celkový odpor biologického vodiče při průchodu střídavého elektrického proudu. Pro výpočet impedance se poté využívá Ohmova zákona:  $R = U/I$ . Bioelektrické impedanční analyzátory využívají vodivosti vody v těle ke změření impedance. Hodnota impedance poté umožňuje vypočítat množství tělesné vody. Pro změření objemu  $V$  roztoku ve válci musíme vynásobit délku válce  $L$  s jeho plochou  $A$  (Obrázek 9), tedy  $V = A \cdot L$  (Biospace, 2004b). Podle Kyle et al. (2004a) a Biospace (2004b) je impedance vodivého materiálu o určité délce (výšce) a průřezové ploše přímo úměrný jeho délce  $L$  a nepřímo úměrný jeho příčnému průřezu  $A$ . Pokud použijeme v rovnici specifický odpor (měrný odpor vodivého materiálu) označený  $\rho$ , může být impedance vypočítána takto:  $R = \rho \cdot L/A$ . Pro výpočet plochy (průřezu)  $A$  je potřeba upravit rovnici do tvaru:  $A = \rho \cdot L/R$ . Pokud do vzorce pro výpočet objemu válce dosadíme za  $A$  předchozí rovnici, získáme následující vztah:  $V = \rho \cdot L/R \cdot L$ . Další úpravou rovnice má konečný tvar:  $V = \rho \cdot L^2/R$  (Kyle et al., 2004a; Biospace, 2004b). Objem roztoku ve válci je proto možné vypočítat na základě znalosti výšky válce a její impedance. Pro výpočet objemu tedy využijeme znalosti tělesné výšky (výška válce) a změřené impedance jedince. Ze zjištěného objemu tělesné vody lze vypočítat hmotnost tuku a svalové hmoty (Biospace, 2004b).

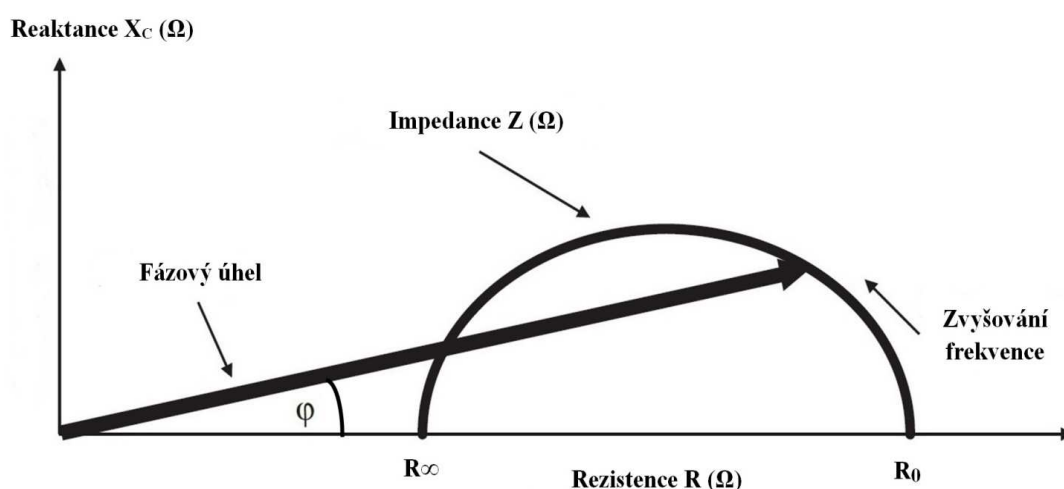


**Obrázek 9.** Fyzikální základ BIA metody (upraveno dle Biospace, 2004b).

Podle Kyle et al. (2004a) vznikají chyby měření v důsledku změn měrného odporu, změny poměru výšky a vodivé délky, či při odchylkách tvaru těla a tělesných segmentů. Zároveň popisují složitost odporu těla, protože rozeznáváme dva typy, kapacitní odpor (reaktanci =  $X_C$ ) a rezistenci ( $R$ ). Reaktance se objevuje v důsledku působení buněčných membrán, rezistence zase extracelulární a intracelulární vody. Termín impedance ( $Z$ ) je celkový odpor, který je kombinací rezistence a reaktance (Dorhöfer & Pirlich, 2007). Pro popis chování biologických tkání se využívá některých elektrických obvodů. Jednoduchým příkladem může být uspořádání rezistence a reaktance v sérii a k nim paralelně připojen další odpor (Obrázek 10). Jedno rameno obvodu tvoří odpor intracelulární tekutiny a reaktance membrány buňky. Odpor, který je k nim paralelně, reprezentuje odpor extracelulární tekutiny. Pro popis chování tkání bývají využívány i složitější obvody (Dorhöfer & Pirlich, 2007; Kyle et al., 2004a). Mezi impedancí, rezistencí, reaktancí a fázovým úhlem existují fyzikální vztahy (Obrázek 11).

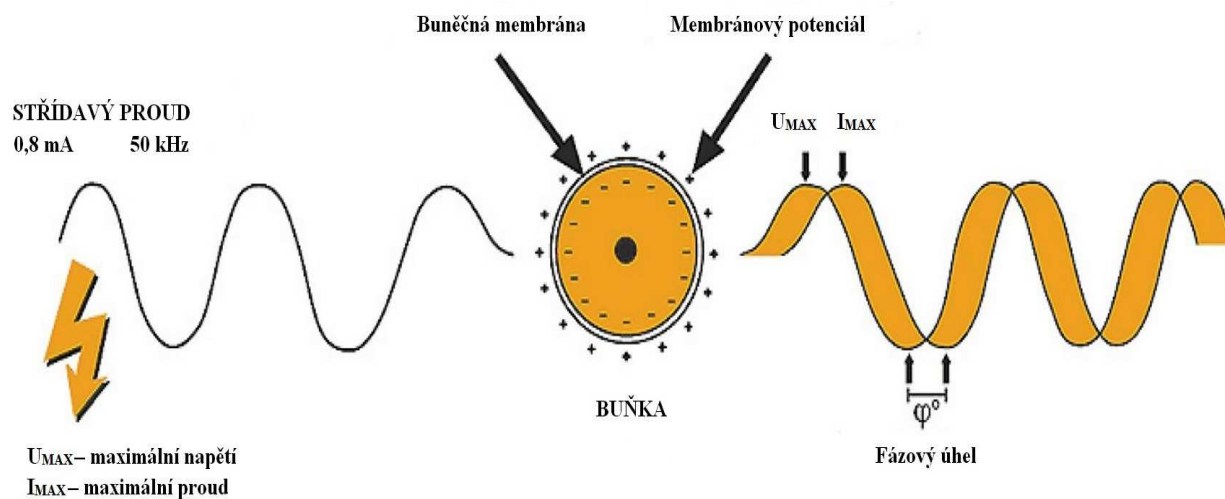


**Obrázek 10.** Elektrický obvod popisující chování biologických tkání (upraveno dle Kyle et al., 2004a).



**Obrázek 11.** Vztah mezi impedancí, rezistencí, reaktancí, fázovým úhlem a aplikovanou frekvencí proudu (upraveno dle Kyle et al., 2004a).

Podle Dorhöfera a Pirlicha (2007) nám stanovení a diferenciací  $R$  a  $X_C$  umožňuje měřit fázový úhel, který je označován  $\alpha$  nebo  $\varphi$ . Bioelektrické impedanční analyzátory jsou vybaveny elektronikou, která umožňuje jeho měření. Každá aktivní buňka má membránu, která funguje jako kondenzátor. Ty způsobují, že při průchodu střídavého proudu obvodem, dojde k časovému posunu maximálního proudu a napětí (Obrázek 12). Maximální proud předchází maximální napětí. Podle Barbosa-Silva a Barros (2005) popisují fázový úhel jako úhel mezi vektory  $Z$  a  $R$ . Zároveň dodávají, že čím vyšší bude reaktance ( $X_C$ ), tím větší bude fázový úhel při dané rezistenci ( $R$ ).



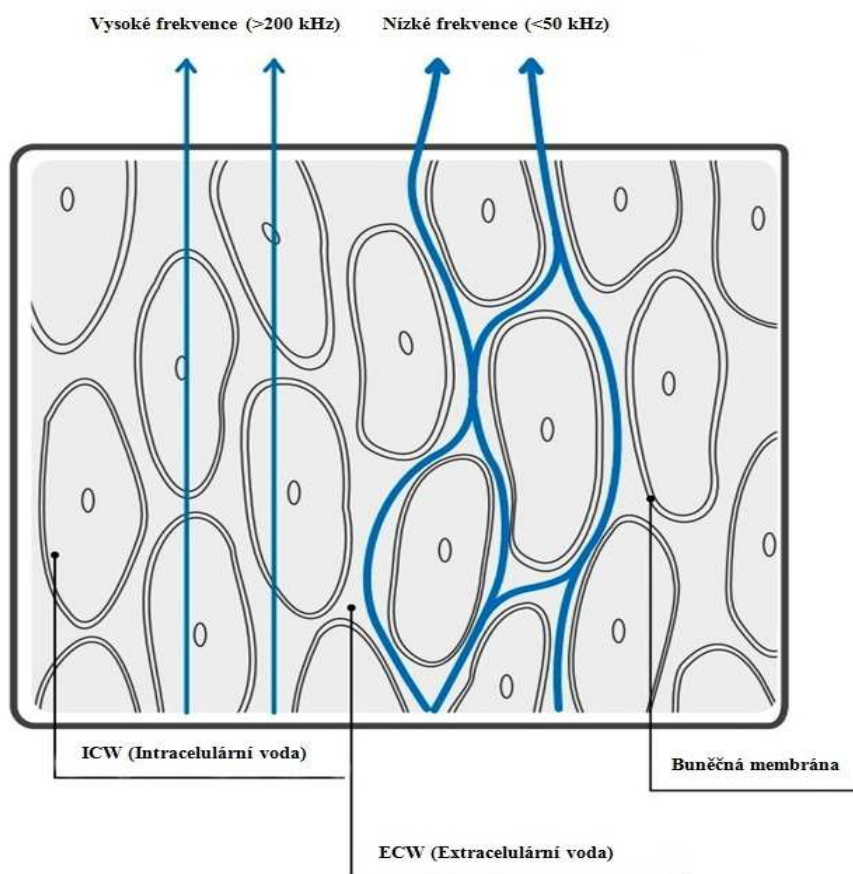
**Obrázek 12.** Fázový úhel mezi proudem a napětím při průchodu zdravou buňkou (upraveno dle Dorhöfer & Pirlich, 2007).

Podle Biospace (2004b) je elektrická impedance síla, která působí proti toku elektrického proudu. Protože tuk obsahuje pouze malé množství vody ve srovnání s jinými tělesnými tkáněmi, tak je jeho vodivost menší. To znamená, že při průchodu elektrického proudu přes tukovou tkáň má vysokou impedanci. Pokud by měly dvě osoby stejnou tělesnou hmotnost, bude větší hodnoty impedance dosahovat jedinec, který má vyšší podíl tělesného tuku.

Bioelektrické impedanční analyzátory tedy zjistí pomocí impedance objem celkové tělesné vody (TBW - Total Body Water). Pro zjištění množství tukuprosté hmoty (FFM – Fat Free Mass) se využívá znalosti zastoupení tělesné vody v tukuprosté hmotě. Podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) je průměrná hydratace tukuprosté hmoty 73,2 %. Množství FFM se vypočte jako součin této konstanty a celkové tělesné vody, tedy  $FFM = TBW \cdot 0,732^{-1}$ . Z hodnoty tukuprosté hmoty a znalosti tělesné hmotnosti přístroj dopočítá množství tělesného tuku (BFM). Využívá se rovnice  $BFM = \text{tělesná hmotnost} - FFM$ .

Moderní přístroje využívají více měřících frekvencí pro zvýšení přesnosti měření a také možnosti zjistit objem extracelulární (ECW) a intracelulární vody (ICW). Pokud se užívá mono-frekvenčního analyzátoru, dochází k odhadu množství intracelulární vody z extracelulární. To je v důsledku toho, že používaná jedna frekvence není schopna projít přes plazmatickou membránu a do intracelulární vody (Obrázek 13). Při užití multi-frekvenčních analyzátorů je možnost změřit množství ECW a ICW přímo (Biospace, 2004b). Proud o nízké frekvenci (nižší než 50 kHz) se využívá pro měření extracelulární vody. Intracelulární voda se měří proudem o vysoké frekvenci (vyšší než 200 kHz). Kyle et al. (2004a) dodávají, že

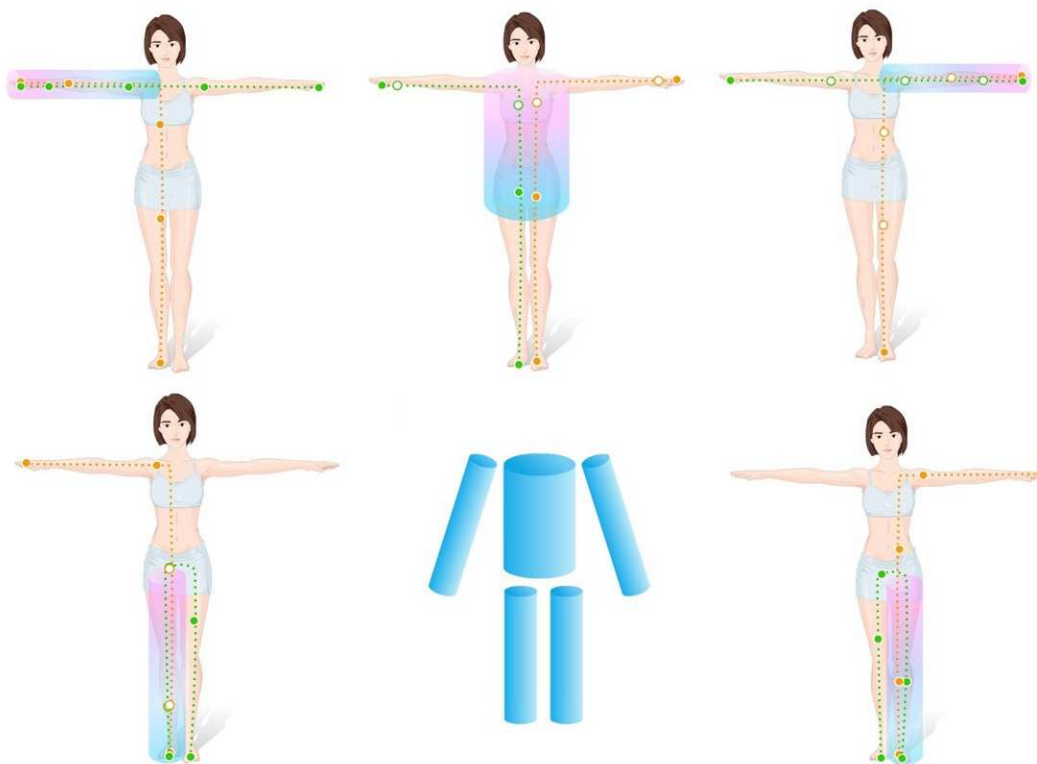
nulová nebo nízká frekvence nemůže proniknout přes buněčnou membránu, která se chová jako izolátor. Proud tedy prochází pouze extracelulárním prostorem a je měřen odpor těla, tedy  $R_0$ . Dále popisují, že pokud je velikost frekvence nekonečná či velmi vysoká, chová se kondenzátor (membrány buněk) jako ideální. Celkový tělesný odpor ( $R_{\infty}$ ) poté odráží kombinaci extracelulární a intracelulární tekutiny.



**Obrázek 13.** Průchod elektrického proudu při měření ICW a ECW (upraveno dle Biospace, 2004b).

Protože bioelektrické impedanční analyzátory umožňují měřit fázový úhel, mohou na základě jeho znalosti dopočítat další parametry tělesného složení. Podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) je to odhad množství vnitrobuněčné hmoty (BCM - Body Cell Mass). Vypočtena je ze znalosti množství tukuprosté hmoty, použitím rovnice:  $BCM = FFM \cdot \alpha \cdot konstanta$ . Označení fázového úhlu v rovnici je  $\alpha$ . Přístroje BIA vypočítají i množství tukuprosté hmoty ležící mimo buňky (ECM – Extra Cellular Mass). Rovnice pro výpočet je:  $ECM = FFM - BCM$ .

Při segmentální analýze tělesného složení využívají přístroje firmy Biospace průchodu elektrického proudu skrze jednotlivé části těla. Měřena je vždy ta část těla, kterou prochází oba elektrické impulzy (Obrázek 14). V důsledku rozdělení těla na 5 válců, mohou přístroje měřit tělesné složení v jednotlivých segmentech s vysokou přesností. Pokud se jedná o MF-BIA, prochází každou z pěti částí těla proud o různých frekvencích.



**Obrázek 14.** Rozdělení těla na 5 segmentů a průběh měření v jednotlivých částech (upraveno dle Biospace, 2009d).

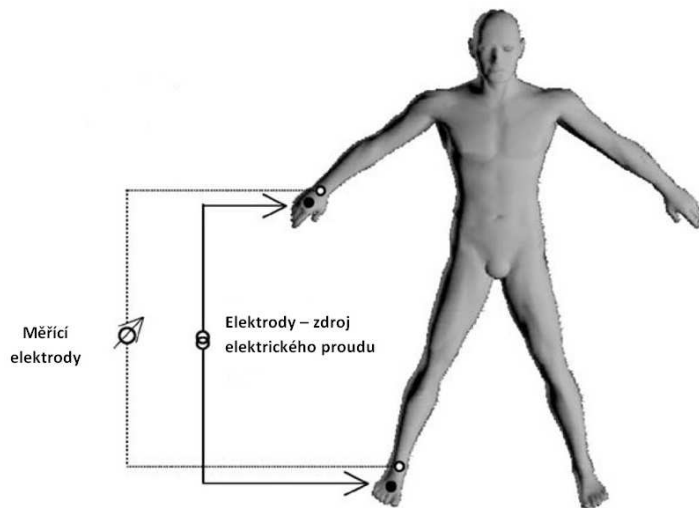
Segmentální analýza je přesná, protože měření jedné části neovlivňuje měření dalších částí. Největším problémem jsou faktory, které mohou ovlivnit velikost impedance. Z tohoto důvodu je potřeba zajistit co nejpřesnější měření impedance. Když měříme trup, dosahuje jeho impedance přibližně  $20 \Omega$ , protože se jedná o nejširší část těla. Pokud měříme impedanci paží, je velikost impedance okolo  $300 \Omega$ . Pokud by tedy byla chyba měření impedance  $2-3 \Omega$ , je to u paží poměrně malá chyba. Zatímco u trupu by byla taková chyba měření impedance závažná. Proto se výrobci soustředí na vývoj přesných měřících technologií (Biospace, 2004b).



### 2.2.1.3 Přístroje BIA

Na současném trhu existuje velké množství firem, které se zabývají výrobou analyzátorů tělesného složení založených na bioelektrické impedanci. Příkladem firem mohou být Tanita, Biospace Co., Ltd., Bodystat Ltd, či Akern. Tanita má svou bohatou tradici již od roku 1944, kdy byla založena v japonském Tokiu. Tato firma se zabývá výrobou přístrojů, které umožňují monitorovat pohybovou aktivitu a zdravotní stav. Jedná se především o krokoměry, osobní váhy a přístroje pro analýzu tělesného složení. Profesionálními přístroji jsou Tanita BC 418, MC 780 a MC 980 (Tanita, 2014). Biospace je mladší firma, která byla založena v roce 1996. Zabývá se především výrobou přístrojů, které slouží k sledování tělesného složení a jeho změn. Mezi nejvyžívanější přístroje patří InBody 230, 370, 570 a 720 (Biospace, 2009a). Bodystat Ltd. byla založena v roce 1990, zabývá se výrobou zdravotnických přístrojů využívajících bioelektrickou impedanci. Tyto přístroje mají zjišťovat tělesné složení, ale také i zdraví tělesných buněk. Příkladem jejich přístrojů mohou být Bodystat 1500 a 1500MDD, Quadscan 4000 a Multiscan 5000 (Bodystat, 2016a). Firma Akern byla založena v roce 1980 v italské Florencii. Mezi její bioelektrické impedanční přístroje patří BIA 101, BIA 101-Anniversary, BodyComp MF Hexa. Každá z těchto firem pracuje na vývoji špičkových přístrojů BIA.

Přístroje využívající bioelektrické impedance jsou označovány jako SF-BIA a MF-BIA. Analyzátor SF-BIA (Single-Frequency-BIA) jsou přístroje, které pracují s jednou frekvencí. Standardně se jedná o 50 kHz a střídavého proudu o velikosti 800  $\mu$ A. Elektrody bývají připojeny na ruku a nohu (Obrázek 15). Některé přístroje využívají připojení elektrod ruka-ruka (bipolární BIA, Obrázek 16) nebo noha-noha (bipedální BIA, Obrázek 17). Z pohledu elektrod se většinou užívá tetrapolární zařízení, které má 4 nebo 8 senzorů. SF-BIA slouží ke zjištění zastoupení celkové tělesné vody, tukuprosté hmoty a tělesného tuku. Nevýhodou těchto analyzátorů je, že nerozlišují distribuci tělesné vody v intracelulární a extracelulární vodu (Kyle et al., 2004a).



**Obrázek 15.** Umístění elektrod u tetrapolárního bioelektrického impedančního analyzátoru na horní a dolní končetiny (upraveno dle Kyle et al., 2004a).



**Obrázek 16.** Bipolární přístroj a průběh měření (upraveno dle InBody, 2009).



**Obrázek 17.** Bipedální přístroj a průběh měření (upraveno dle InBody, 2009).

Bioelektrické impedanční analyzátorů s označením MF-BIA (Multiple-Frequency-BIA) využívají několik různých frekvencí střídavého proudu. Jejich počet a rozsah jsou odvozeny od kvality přístroje. Špičkové přístroje mají 6 frekvencí. Počet elektrod se může lišit, obvyklé jsou 4 nebo 8 elektrod. Pokud využíváme čtyř elektrodové přístroje, probíhá měření na jedné straně těla. V tomto případě bychom měli podle Thomas, Cornish a Ward (1992) upřednostnit

pravou polovinu těla. Výhodou MF-BIA je, že rozlišují TBW, ICW a ECW. Dále mohou popisovat posun a rovnováhu tekutin, také rozdíly v hydrataci.

### **Tanita BC 418**

Přístroj BC 418 je monofrekvenční tetrapolární analyzátor firmy Tanita. K měření se využívá proud o velikosti 500  $\mu$ A při frekvenci 50 kHz. Měřit lze celé tělo či jednotlivé segmenty. Analyzátor je uzpůsoben pro měření osob ve věku 7–99 let. Tělesná výška musí být v rozmezí 90 až 249 cm a tělesná hmotnost do 200 kg. Podle tělesného typu můžeme vybrat jeden ze dvou módů nastavení (standardní nebo atletický). Měřením získáme například informace o celkové tělesné vodě, tělesném tuku (i %BF), tukuprosté hmotě, BMI, bazálním metabolismu. U jednotlivých segmentů zjistíme zastoupení tuku (absolutní i relativní), tukuprosté hmoty a předpokládané množství svalové hmoty. Relativní zastoupení tělesného tuku měří v rozsahu 1–75 %, s přírůstkem o 0,1 %. Naměřená data lze vytisknout pomocí zabudované tiskárny nebo přenést do počítače. Referenční metodou pro zastoupení BFM, %BF a FFM je DEXA (Tanita, 2003).

### **Tanita MC 780U**

Tanita MC 780U patří mezi MF-BIA, využívající 3 různé frekvence (5, 50 a 250 kHz), použitý elektrický proud je do 90  $\mu$ A. Měření probíhá pomocí osmi dotykových elektrod. Umožněna je analýza celého těla či segmentů. Přesnost měření přístroje při první kalibraci je  $\pm 2$  %. Podle tělesného typu je potřeba nastavit jeden ze dvou módů (standardní nebo atletický). Měřit lze muže i ženy a to věku 5 až 99 let, při atletickém módu 18–99 let. Tělesná hmotnost od 0 do 270 kg, možné odečíst až 10 kg za oblečení. Tělesná výška v rozmezí 90,0–249,9 cm. Při celotělové analýze získáme informace o hmotnosti, celkové tělesné vodě, extra- a intracelulární vodě, tělesném tuku, tukuprosté hmotě, svalové hmotě, kostní hmotě, BMI, bazálním metabolismu a viscerálním tuku. Segmentální analýzu vyjadřuje množství svalové hmoty a tělesného tuku v jednotlivých segmentech. Pro měření tělesného tuku (i %BF), tukuprsté hmoty, svalové hmoty a kostní hmoty je referenční metodou DEXA. Pro měření TBW je referenční diluční metoda (Tanita, 2014).

### **Tanita MC 980 MA**

Jedná se o multi-frekvenční analyzátor, který při měření využívá šest frekvencí (1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz). Spojení subjektu s měřicím přístrojem je pomocí 8 elektrod. Při měření celkového složení těla získáme údaje o celkové tělesné vodě, tělesném tuku, procentním

zastoupení tuku, tukuprosté hmotě, svalové hmotě, intra- a extracelulární vodě, bazálním metabolismu, metabolickém věku a poměru mezi ECW a ICW. Zároveň přístroj umožňuje segmentální analýzu. Výsledky je možné vidět na dotykovém displeji, nebo uložit do počítače pro další zpracování. Samotné měření trvá do 30 s (Tanita, 2010).

Přístroj je možné využívat pro osoby v rozmezí 5–99 let, atletický mód od 18 do 99 let. Měřená impedance má při první kalibraci chybu  $\pm 2$  %. Při zadávání informací o měřené osobě je možné odečíst 0-10 kg za oblečení (Tanita, 2010).

### **InBody 230**

Tento tetrapolární přístroj (8 elektrod) využívá pro měření pouze 2 frekvence (20 a 100 kHz) o velikosti proudu 330  $\mu\text{A}$ . Oběma frekvencemi měří všech pět segmentů těla. Používá technologii DSM-BIA (Direct Segmental Measurement-BIA), která umožňuje přímé měření jednotlivých segmentů. Přístroj InBody 230 nám podává informace o celkové tělesné vodě, extra- a intracelulární vodě, tělesném tuku, svalové hmotě, tukuprosté hmotě, hmotnosti, bazálním metabolismu, množství minerálů, proteinů a buněčné hmoty. Hmotnost měřené osoby musí být v rozmezí 10 až 250 kg, tělesná výška 95–220 cm. Přístroj lze propojit pomocí USB s počítačem a přenést do něj data pro další zpracování. Analýza tělesného složení probíhá ve stoji a trvá přibližně 35 s (Biospace, 2009b)

### **InBody 370**

Jedná se také o tetrapolární přístroj, který měří pomocí 3 frekvencí (5, 50, 250 kHz), při elektrickém proudu 400  $\mu\text{A}$ . Umožňuje přímou segmentální analýzu (technologie DSM-BIA). Výstupem měření jsou informace o hydrataci (TBW, ICW a ECW), tělesném tuku, tukuprosté hmotě, kosterním svalstvu, množství proteinů, minerálů, buněčné hmoty. Měřit lze osoby s tělesnou výškou od 95 do 220 cm, tělesnou hmotností 10 až 250 kg a věkem v rozmezí 3–99 let. Samotné měření, které probíhá ve stoji, je provedeno do 35 s (Biospace, 2009c).

### **InBody 570**

InBody 570 je tetrapolární přístroj s osmi dotykovými elektrodami, který při měření využívá 3 frekvence (5, 50 a 500 kHz) elektrického proudu ( $400 \pm 40 \mu\text{A}$ ). Technologie DSM-BIA umožňuje provádět přímou analýzu jednotlivých segmentů. Měření probíhá ve stoji, měření trvá do 50 s. Výsledky podávají informace o celkové tělesné vodě, tělesném

tuku, tukuprosté hmotě. Dále také o množství proteinů, minerálů (kostní i mimokostní), kosterního svalstva, buněčné hmoty, stupni obezity, apod. Přístroj je uzpůsoben pro měření osob od 3 do 99 let, s tělesnou hmotností v rozmezí 10–250 kg a tělesné výšce 95 až 220 cm (Biospace, 2013).

### **InBody 770**

Jedná se o přístroj firmy Biospace, který využívá technologii označovanou jako SMF-BIA (Simultaneous MF-BIA). Tato technologie má sloužit k odstranění nepřesností, které vznikají posunem tělesného složení a změnami distribuce vody. K tomuto odstranění se využívá měření různými frekvencemi ve stejnou dobu, což vede k vysoké přesnosti měření (Biospace, 2014).

Podle Biospace (2014) se jedná o přístroj, jehož korelace s výsledky DEXA je vysoká (98,4 %). Umožňuje měřit celkovou tělesnou vodu, extra- a intracelulární tekutinu, kostní a nekostní minerály, proteiny, tukovou hmotu, kostní a svalovou hmotu, tukuprostou hmotu, tělesnou hmotnost. Dále procentní zastoupení tělesného tuku a svalové hmoty, tělesné složení v jednotlivých segmentech, BCM, BMR, edémy a na základě zastoupení svalové a tukové hmoty hodnotí tělesnou rovnováhu.

K tomu využívá 6 frekvencí (1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz) střídavého proudu na pěti segmentech pro zjištění impedance. Pro změření reaktance používá přístroj 3 frekvence (5, 50 a 250 kHz). Jedná se o tetrapolární přístroj, který má osmibodový systém elektrod. Nevyužívá žádný empirický odhad, je určen pro osoby od 6 do 99 let (Biospace, 2014).

Umožňuje využívat moderní technologie Bluetooth a Wi-Fi pro dálkové ovládání, uložení dat či jejich tisk. Využívá software Lookin'Body Data Manager. InBody 720 je možné rozšířit o přídatná zařízení, jako například tlakoměr, dotykový panel pro měření tělesné výšky nebo skener čárových kódů pacienta (Biospace, 2014).

### **Bodystat 1500 a 1500 MDD**

Je monofrekvenční zařízení firmy Bodystat. Používaná frekvence je 50 kHz, při elektrickém proudu 200  $\mu$ A. Přístroj je uzpůsoben pro měření vleže. Samotná měřicí jednotka váží okolo 450 gramů, což je v porovnání s přístroji Biospace a Tanita mnohem méně. Aby mohl analyzátor fungovat, musí do něj být vloženo 6 baterií typu AA. Získáme výsledky o zastoupení tělesného tuku, tukuprosté hmoty, celkové tělesné vody, štíhlé hmoty, hmotnost

sušiny. Další údaje se týkají BMI, BMR, poměru pas/boky. Osobní údaje měřené osoby se do přístroje zadávají pomocí tří kláves (Bodystat, 2014a).

Verze 1500 MDD se liší tím, že jsou k dispozici 2 frekvence (5 a 50 kHz) elektrického proudu o velikosti 200  $\mu$ A. Přístroj má přibližně 580 gramů. Protože má analyzátor více měřících frekvencí, může být měřen fázový úhel. Přesnost měření fázového úhlu je  $\pm 0,2^\circ$ . V porovnání s verzí 1500 získáme s 1500 MDD při měření informace také o ICW a ECW (Bodystat, 2014b).

### **QuadScan 4000**

Přístroj firmy Bodystat, který se řadí mezi MF-BIA. Měření probíhá vleže, na rozdíl od přístrojů InBody a Tanita. Pro měření využívá 4 frekvence (5, 50, 100 a 200 kHz) střídavého proudu. Měřit lze TBW, ICW a ECW a jejich procentní zastoupení. Množství tělesného tuku a jeho procentní zastoupení, FFM, BCM, BMR. Dále přístroj vyjadřuje různé indexy, například BMI, FFMI, BFMI. Provádět lze i segmentální analýzu, umožněna je i analýza pouze jednoho segmentu. Důležitá je také možnost měřit fázový úhel, který vypovídá o zdravotním stavu buněk. Jeho měření probíhá při frekvenci 50 kHz (Bodystat, 2016b).

Pro přenos dat do počítače využívá technologii Bluetooth. Výhodou, v porovnání s přístroji jiných firem, je jeho nízká hmotnost (579 g měřící jednotka). Zatímco například přístroj InBody 770 váží okolo 45 kg (Biospace, 2014; Bodystat, 2016b).

Možné je koupit přístroj QuadScan 4000 s označením Touch. Tento analyzátor využívá dokonce 11 frekvencí (5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150 a 200 kHz) pro větší přesnost měření. S PC komunikuje pomocí technologie Wi-Fi (Bodystat, 2016b).

### **Multiscan 5000**

Tento přístroj využívá pro měření 50 frekvencí v rozsahu 50 až 1000 kHz. Elektrický proud je o velikosti 200  $\mu$ A. Využívaná metoda se nazývá bioelektrická impedanční spektroskopie (BIS). Měření probíhá vleže. Analyzátor má téměř 1600 g, jeho činnost zajišťuje nabíjecí baterie. Výslednými měřeními a odhadnutými parametry jsou: TBW, ICW, ECW, FFM, BFM, %BF, LBM, SMM, BCM, BMR, nutriční index, BIVA (Bioelectrical Impedance Vector Analysis), reaktance buněčných membrán, fázový úhel, FFMI, BFMI (Bodystat, 2014c).

## **Akern BIA 101**

Tento analyzátor slouží pro odhad tělesného složení, měření probíhá vleže. Pracuje s jednou frekvencí o velikosti 50 kHz a s elektrickým proudem 400  $\mu$ A. Přístroj využívá software Bodygram PRO, který na základě lékařsky ověřených algoritmů odhaduje tělesné komponenty, ale také fázový úhel. Analýza tělesného složení tímto přístrojem obsahuje informace o TBW, ICW, ECW, FFM, SMM, BCM, ECM, BFM, BMR. Dále je možné získat indexy BCMI, BMI a také poměr výměny sodíku a draslíku. Elektrickým zdrojem analyzátoru je dobíjecí baterie s výdrží až 12 hodin. Přístroj je snadno přenosný, protože váží přibližně 1,05 kg (Akern, 2014a).

## **Akern BIA 101 Anniversary**

Jedná se o monofrekvenční analyzátor, který pracuje s elektrickým proudem 400  $\mu$ A při frekvenci 50 kHz. Umožňuje provádět segmentální analýzu a hodnotit tělesnou rovnováhu. Tělesná rovnováha je na základě zastoupení svalové hmoty a tělesného tuku hodnocena mezi horní a dolní polovinou těla, pravou a levou stranou těla nebo je umožněno porovnání horních/dolních končetin mezi sebou. Přístroj odhaduje celkovou tělesnou vodu, extra- a intracelulární vodu, tukuprostou hmotu, svalovou hmotu, buněčnou hmotu, tělesný tuk, bazální metabolismus, BMI a BCMI, fázový úhel. Měření probíhá za standardních podmínek vleže, důležité je správné napojení elektrod. Pro odhad celého těla je tetrapolární sada elektrod, pro segmentální analýzu octopolární sada elektrod. Analyzátor o hmotnosti asi 0,5 kg, je poháněn dobíjecí baterií s výdrží 6 hodin.(Akern, 2014b).

## **BodyComp MF Hexa**

Multifrekvenční přístroj od firmy Akern, který pro měření využívá 6 frekvencí (5, 50, 100, 150, 200 a 250 kHz) a elektrický proud 400  $\mu$ A. Je určen pro populaci ve věku 16–65 let. Stejně jako ostatní přístroje této firmy velikost fázového úhlu odhaduje pomocí softwaru Bodygram. Z parametrů tělesného složení zjišťuje TBW, ECW, FFM, BCM, BFM. Samotné měření probíhá vleže, přístroj je napájen baterií s výdrží 4 hodiny (Akern, 2014c).

### **2.2.2 Parametry tělesného složení**

#### **Celková tělesná voda, extra- a intracelulární voda**

Tělesná voda (Total Body Water – TBW) patří mezi nejdůležitější součást tělesné hmotnosti (Moore, Olsen, McMurray, Parker, Ball, & Boyden, 1963). Voda je důležitou

složkou na molekulární, buněčné a tkáňové úrovni modelů tělesného složení (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992). Voda je také nezbytná pro život, mimo jiné slouží jako transportní médium. Snížení zastoupení vody o 15 % vede k dehydrataci a až k ohrožení života. I malá změna v zastoupení TBW může vytvořit měřitelné změny tělesné hmotnosti, proto bývá její určení ústřední při měření tělesného složení. Její množství kolísá v závislosti na pohlaví, věku a tělesné hmotnosti. Během vývoje jedince se množství tělesné vody mění. Po narození celková tělesná voda zastupuje asi 70–75 % tělesné hmotnosti. Během dětství až do dospělosti její podíl klesá, u dospělého muže tvoří asi 63 % a dospělé ženy 53 %. Lidé trpící obezitou mají zastoupení tělesné vody nižší, okolo 40 % tělesné hmotnosti (Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2005). Množství vody v různých tkáních těla je nerovnoměrné. Množství vody v krvi je asi 83 %, v ledvinách 82 %, svalové tkáni 75 %, kůži 72 %. Nejméně je voda zastoupena v kostech (22 %), tukové tkáni (10 %), zubech (2 %). Z důvodu, že tuková tkáň obsahuje pouze malé množství vody, mají obézní lidé nižší zastoupení celkové tělesné vody (Rokyta et al., 2008). Odhad množství TBW bývá velmi často užíváno k odhadu tukuprosté hmoty (Stewart & Sutton, 2012).

Celková tělesná voda je rozložena do dvou prostorů – nitrobuněčného a mimobuněčného. Nitrobuněčná část je zastoupení vody uvnitř buněk, bývá označováno jako intracelulární (ICW – Intracellular Water). V tomto prostoru je více vody, v dospělosti představuje 40 % tělesné hmotnosti muže. To znamená asi 66 % TBW. Mimobuněčná voda je nazývána extracelulární (ECW – Extracellular Water), jedná se o veškerou vodu mimo buňky. U dospělého muže tvoří asi 20 % tělesné hmotnosti, 33 % TBW. Extracelulární voda se dělí na intersticiální a intravazální tekutinu. U žen jsou poměry v zastoupení ICW a ECW jiné. Extracelulární voda představuje asi 21 % a intracelulární voda 32 % tělesné hmotnosti. Tento rozdílný poměr v zastoupení vody je způsoben tím, že i neobézní ženy mají vyšší poměr tukové tkáně než muži (Rokyta et al., 2008).

Počátek ontogenetického vývoje je spojen s vysokým obsahem ECW, dochází k postupnému zvyšování ICW (Rokyta et al., 2008). Stejný vývoj v rozložení vody můžeme sledovat u obou pohlaví až do období puberty. Poté v postpubertálním období dochází k sexuální diferenciaci. U chlapců dochází k zvyšování a dívek snižování míry hydratace. Mezi 12. a 18. rokem života je zastoupení ECW stabilní, zastoupení ICW se u chlapců zvyšuje a u dívek snižuje. Celkově s rostoucím věkem dochází k snižování míry hydratace člověka (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). To je spojeno se snižováním zastoupení



svalové hmoty, které se projeví snížením ICW. Pokles zastoupení intracelulární vody se projeví na množství celkové tělesné vody (Malá, Malý, Zahálka, & Bunc, 2014).

### **Tělesný tuk**

Tělesný tuk (Body Fat Mass – BFM) zahrnuje veškeré extrahovatelné lipidy z tukové tkáně a ostatních tkání (Heyward & Wagner, 2004). Tělesný tuk je hlavním faktorem intra- a interindividuální variability tělesného složení během ontogeneze (Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2005). V prvních šesti měsících života má člověk okolo 10–15 % tělesného tuku (Forbes, 1987). Během prvních 6 měsíců dojde k nárůstu tělesného tuku až na 30 %, poté během raného dětství začne relativní zastoupení tělesného tuku klesat (Butte, Hopkinson, Wong, Smith, & Ellis, 2000). K dalšímu nárůstu dojde počátkem sexuální diference. U dívek se průměrně zvýší množství BFM o 1,4 kg/rok, u chlapců o 0,6 kg/rok. V procentuálním zastoupení tělesného tuku dojde mezi 9. a 20. rokem průměrně k zvýšení z 20 % až na 26 % u dívek. U chlapců po 13. roce života naopak dojde ke snížení procentuálního zastoupení BFM ze 17 % na 13 %, v důsledku rychlého nárůstu tukuprosté hmoty (Guo, Chumlea, Roche, & Siervogel, 1997). Podle Guo, Zeller, Chumlea a Siervogel (1999) se celkové množství tělesného tuku v dospělosti s věkem postupně zvyšuje. U mužů docházelo k nárůstu BFM o 0,37 kg/rok u mužů, 0,41 kg/rok u žen. Rychlost nárůstu souvisí s pohybovou aktivitou, menopauzou, apod. Podle Heimsfield, Lohman, Wang a Going (2005) je ovšem odhadnuté zastoupení tělesného tuku závislé na použité metodě.

Množství BFM lze ovlivnit výživou a pohybovou aktivitou. Jeho množství je však důležitým faktorem počátku či postupu některých onemocnění. Rizikové je mít příliš vysoké, ale také i nízké zastoupení tělesného tuku. Pokud má člověk vysoký podíl tělesného tuku, jedná se o nadváhu až obezitu. Obezita je spojována s různými onemocněními a zdravotními problémy. K nízkému zastoupení tělesného tuku se vážou různé dysfunkce, protože určité množství tělesného tuku je potřeba pro uchování základních fyziologických funkcí (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

V praxi se využívá procentuálního vyjádření zastoupení tělesného tuku (%BF). To je dáno vztahem  $\%BF = (BFM \cdot 100) / \text{tělesná hmotnost}$ . Doporučené relativní zastoupení tělesného tuku je různé pro odlišné věkové skupiny a také běžnou a sportující populaci (Tabulka 3).

**Tabulka 3.** Doporučené procentuální zastoupení tělesného tuku pro normální a fyzicky aktivní populaci (upraveno dle Heyward & Wagner, 2004).

<b>DOPORUČENÉ ZASTOUPENÍ %BF PRO NORMÁLNÍ POPULACI</b>					
	<b>NEDOPORUČENÉ</b>	<b>NÍZKÉ</b>	<b>STŘEDNÍ</b>	<b>VYSOKÉ</b>	<b>OBEZITA</b>
<b>MUŽI</b>					
18 - 34 let	< 8	8	13	22	> 22
35 - 55 let	< 10	10	18	25	> 25
Nad 55 let	< 10	10	16	23	> 23
<b>ŽENY</b>					
18 - 34 let	< 20	20	28	35	> 35
35 - 55 let	< 25	25	32	38	> 38
Nad 55 let	< 25	25	30	35	> 35
<b>DOPORUČENÉ ZASTOUPENÍ %BF PRO FYZICKY AKTIVNÍ OSOBY</b>					
	<b>NÍZKÉ</b>	<b>STŘEDNÍ</b>	<b>VYSOKÉ</b>		
<b>MUŽI</b>					
18 - 34 let	5	10	15		
35 - 55 let	7	11	18		
Nad 55 let	9	12	18		
<b>ŽENY</b>					
18 - 34 let	16	23	28		
35 - 55 let	20	27	33		
Nad 55 let	20	27	33		

Podle Duthie, Pyne, Hopkins, Livingstone a Hooper (2006) bylo prokázáno, že vysoký podíl tělesného tuku souvisí se sníženým poměrem mezi výkonem a hmotností. Jde především o snížení akcelerace a zvýšený energetický výdej. Podle Fornetti, Pivarnik, Foley a Fiechtner (1999) je naopak i s příliš nízkým zastoupením tělesného tuku spojen snížený výkon. Podle Waldrop (2005) může být příkladem sportovní triáda u žen. Podle Ostojice (2003) je nadbytek tělesného tuku nežádoucí pro výkon ve fotbale. Jelikož musí hráči opakovaně překonávat gravitaci při výskocích. Zároveň dodává, že v některých sportech je nižší zastoupení tělesného tuku spojeno s lepším výkonem. S tím souhlasí i Orhan, Sagir a Zorba (2013), kteří doplňují, že množství tělesného tuku má vztah k síle, rychlosti a vnitřnímu teplu hráčů.

### **Tukuprostá hmota**

Tukuprostá hmota (Fat Free Mass – FFM) je mnohotvárnou částí tělesného složení. Na buněčné úrovni je FFM tvořeno z buněčné hmoty (BCM), extracelulární tekutiny (ECF) a extracelulárních pevných látek (ECS; Moore, Olsen, McMurray, Parker, Ball, & Boyden, 1963). Na úrovni tkáňového modelu je FFM tvořeno ze všech zbytkových chemikálií a tkání, zahrnující vodu, kosti, svaly, pojivové tkáně a vnitřní orgány (Lohman, 1992). Poměr jednotlivých komponent je různý. Odvíjí se od pohybové aktivity, věku a jiných vnitřních a

vnějších faktorů. Tukuprostá hmota je tvořena z 60 % svalstvem, 25 % pojivovými a opěrnými tkáněmi a 15 % hmotností vnitřních orgánů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Z pohledu hydratace se FFM skládá z velké části z vody, a to jak extracelulární tak i intracelulární. Voda tvoří přibližně 73,2 % z hmotnosti tukuprosté hmoty. U zdravých jedinců je hydratace FFM pozoruhodně stabilní (Wang, Deurenberg, Wang, Pietrobelli, Baumgartner, & Heymsfield, 1999). Podle Biospace (2004a) je FFM u přístrojů Biospace tvořeno celkovou tělesnou vodou, proteiny a všemi minerály.

Nárůst FFM během růstu je relativně stabilní po celou dobu dospívání, k úpadku dochází během stárnutí. Rozdíly mezi pohlavími v zastoupení tukuprosté hmoty se začínají objevovat okolo 13. roku. U chlapců dochází k vyššímu nárůstu svalové hmoty, která je součástí FFM, než u dívek. Množství kostní hmoty je u chlapců také vyšší než u dívek (Guo, Chumlea, Roche, & Siervogel, 1997; Guo, Zeller, Chumlea, & Siervogel, 1999). Podle Mazzariegos, Wang, Gallagher, Baumgartner, Allison, Wang, Pierson a Heymsfield (1994) dochází s věkem k postupnému snižování tukuprosté hmoty a zvyšování tělesného tuku. Především v důsledku nerovnováhy mezi energetickým příjmem a výdejem, které jsou spojeny s narůstajícím sedavým způsobem života.

Pokud bychom chtěli snižovat tělesnou hmotnost, měli bychom dbát na to, aby snížení nebylo na úkor FFM. Naopak by mělo dojít ke snižování množství nežádoucího tělesného tuku při zachování nebo zvýšení množství FFM (Malá, Malý, Zahálka, & Bunc, 2014).

Podle Bunce (2006) vysoké množství tukuprosté hmoty a buněčné hmoty pozitivně koreluje s velikostí aerobní kapacity ( $VO_{2max}$ ).

### **Kosterní svalstvo a štíhlá tělesná hmota**

Svalová tkáň je tvořena kosterními svaly (Skeletal Muscle Mass – SMM), hladkým svalstvem a srdečním svalem. Svalová tkáň obvykle představuje třetinu až polovinu celkové tělesné hmotnosti (Stewart & Sutton, 2012). Kosterní svaly u mužů tvoří asi 40 % tělesné hmotnosti, u žen 30 % tělesné hmotnosti. Hladké svaly a srdeční sval zastupují 10 % tělesné hmotnosti. Tento poměr je však závislý na vývoji jedince a také pohybové aktivitě (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Rokyta et al., 2008). Kosterní svaly jsou po tělesném tuku další nejvíce variabilní složkou tělesného složení. Obecně platí, že období růstu a vývoje je spojeno s rychlým nárůstem kosterního svalstva, s výraznými rozdíly mezi pohlavími, které vznikají v období dospívání. U jednotlivců je zastoupení kosterního svalstva

relativně stabilní v dospělosti až do asi 30–40 let. Poté začíná množství svalů ubývat, rychleji u mužů než u žen. Úbytek je ještě urychlen ve stáří (Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2005). Změny tělesného složení během stárnutí, především úbytek svalové hmoty, jsou u starších osob silně spojeny s omezenou schopností pohybu, zvýšenou nemocností, nižší kvalitou života a úmrtností (Baumgartner, Koehler, Gallagher, Romero, Heymsfield, Ross, Garry, & Lindeman, 1998).

Procentuální zastoupení SMM je u sportující populace vyšší. Jeho podíl záleží také na druhu pohybové aktivity, kdy nejvyšších hodnot dosahují vrcholoví sportovci silových sportů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **Proteiny, minerály a buněčná hmota**

Protein je organickou sloučeninou, která je tvořena dusíkem. Nachází se v tělních buňkách, je v přímém vztahu s vnitrobuněčnou vodou. Nedostatečné množství proteinů vede k nízkému zastoupení ICW, což poukazuje na nekvalitní buněčnou výživu. Proteiny (Protein Mass) vyjadřuje celkové zastoupení proteinů v těle. Jejich množství je součástí sušiny (Biospace, 2004a).

Minerály (Mineral Mass) mají v těle důležitou úlohu. Jejich zastoupení úzce souvisí se svalovou hmotou. Pokud se zvýší množství svalové hmoty, dojde ke zvýšení hmotnosti kostí. Minerály je možné dělit na minerály v kostech (BMC – Bone Mineral Content) a mimo kosti. Kostní minerály představují asi 80 % všech minerálů v těle. BMC není možné měřit pomocí bioimpedanční analýzy. Proto se pro zjištění množství využívá odhadů, jejichž přesnost byla porovnána s metodou DEXA. Minerály mimo kosti jsou veškeré minerály, které jsou v ostatních tkáních těla (Biospace, 2004a). Podle Calbet, Dorado, Díaz-Herrera a Rodríguez-Rodríguez (2001) je s dlouhodobým tréninkovým procesem ve fotbale spojeno zvýšené množství minerálů, především v oblasti krčku stehenní kosti a bederní páteře, ve srovnání s věkově, hmotnostně a výškově stejnými osobami se sedavým způsobem života. To je způsobeno zatížením ve fotbale, jako např. působení sil při běhu, výskocích, kopech, apod. S tím souhlasí i Vicente-Rodríguez, Ara, Perez-Gomez, Serrano-Sanchez, Dorado a Calbet (2004), dodávají, že hromadění kostních minerálů může znamenat snížení rizika zlomenin v průběhu celého života.

Buněčná hmota (BCM – Body Cell Mass) je součtem veškerých buněk těla, které obsahují intracelulární vodu a proteiny (Biospace, 2004a). Podle Moore, Olsen, McMurrey,

Parker, Ball a Boyden (1963) patří buněčná hmota k metabolicky aktivní části tukuprosté hmoty, může sloužit k hodnocení nutričního stavu jedince. Běžné množství buněčné hmoty je okolo 40 % tělesné hmotnosti. Podle Melchiorri, Monteleone, Andreoli, Callà, Sgroi, a De Lorenzo (2007) může měření aktivní buněčné hmoty (BCM) představovat jednoduchý způsob, který může sloužit k predikci atletického výkonu na základě účinné svalové hmoty.

### **Indexy tělesného složení**

Indexy vypočítáváme z absolutních hodnot a vyjadřují poměr dvou hodnot (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Mezi užívané indexy patří například BMI (Body Mass Index), FFMI (Fat Free Mass Index), BFMI (Body Fat Mass Index) a BCMI (Body Cell Mass Index). Dále poměr mezi ECM a BCM.

BMI je dán vztahem  $BMI (kg/m^2) = \text{tělesná hmotnost} (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m)$ . Jedná se o nejznámější hmotnostně-výškový index. Tento index však nezohledňuje množství tukové a svalové hmoty. Proto se může pohybově aktivní populace, která má vysoký podíl svalové hmoty, jevit jako osoba s nadváhou či obezitou. BMI nemůže být využit pro k odhadu tělesného složení ani determinaci rozložení tuku (Heyward & Wagner, 2004). Podle Allison, Gallagher, Heo, Pi-Sunyer a Heymsfield (1997) je spojeno zvýšené riziko nemocí s nadbytkem tělesné hmotnosti a také s vysokým i nízkým BMI. Guo, Zeller, Chumlea a Siervogel (1999) uvádějí, že problémem při stanovení obezity pomocí BMI je neschopnost odlišit tělesný tuk a tukuprostou hmotu. K tomu nám může napomoci odhad tělesného složení metodou BIA, která umožňuje BFM a FFM odhadnout.

Při znalosti zastoupení tělesného tuku a tukuprosté hmoty je možné získat dva indexy: BFMI a FFMI. Pro hodnocení optimální hmotnosti se využívá BFMI. Vypočte se následovně:  $BFMI (kg/m^2) = \text{hmotnost tuku} (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m)$ . BFMI lze využít pro hodnocení rizika obezity a zdravotních komplikací. Bezpečné pásmo je od 1,8 do 5,1 kg/m<sup>2</sup> (muži) a 3,9–8,1 kg/m<sup>2</sup> (ženy). FFMI vyjadřuje rozvoj svalové hmoty či podvýživu. Vypočteme:  $FFMI (kg/m^2) = \text{hmotnost FFM} (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m)$ . Ideální hodnota je u mužů 16,7 až 19,8 kg/m<sup>2</sup> (Kyle, Schutz, Dupertuis, & Pichard, 2003; Kyle, Morabia, Schulz, & Pichard, 2004).

Z množství BCM je možné vypočítat index. BCMI slouží k vyjádření tělesné zdatnosti jedince. Vypočteme jej následovně:  $BCMI (kg/m^2) = BCM (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m)$ . Doporučené hodnoty jsou pro muže v rozmezí 10,61±2,18 kg/m<sup>2</sup> a pro ženy 8,24±1,81 kg/m<sup>2</sup>

(Talluri, 1998). Bylo prokázáno, že BCMI je citlivějším prediktorem změn stavu proteinů a štíhlé hmoty než BMI. Úbytek svalové hmoty v určitých patologických situacích je spojen se ztrátou BCM. Jedná se o jevy jako sarkopenia, anorexia nervosa a ledvinová dialýza (Kyle, Genton, Hans, Karsegard, Michel Slosman, & Pichard, 2001; Trocki, Theodoros, & Stepherd, 1998; Donadio, Lucchesi, Tramonti, & Bianchi, 1997).

K vyjádření stavu výživy jedince se využívá poměru:  $ECM/BCM(-)$ . ECM (Extracellular Mass) je extracelulární buněčná hmota. Je dána vztahem:  $ECM(kg) = FFM(kg) - BCM(kg)$ . Za průměrné hodnoty poměru ECM/BCM se považuje rozmezí 0,85–1,0. Tento index je nižší u mužů než u žen, protože čím nižší je jeho hodnota, tím více tukuprosté hmoty jedinec má. Pokud je hodnota vyšší než 1, je nízká využitelnost FFM pro svalovou práci (Deurenberg & Schouten, 1992; Lemcke, Fischer, Jager, Polat, Geier, Rech, Staszewski, Helm, & Caspary, 1993; Talluri, Lietdke, Evangelisti, Talluri, & Maggia, 1999).

### 3 CÍLE

Hlavním cílem této diplomové práce je determinovat tělesné složení fotbalistů metodou bioelektrické impedance přístrojem InBody 720 na základě rozdělení hráčů na jednotlivé herní posty.

#### Dílčí cíle:

- Určit tělesnou výšku a tělesnou hmotnost
- Analyzovat vodní komponenty
- Sledovat tukuprostou hmotu, kosterní svalstvo a buněčnou hmotu
- Stanovit množství tukové hmoty
- Stanovit množství proteinů a minerálů
- Sledovat segmentální analýzu svaloviny
- Stanovit indexy tukuprosté hmoty, tělesného tuku a buněčné hmoty
- Stanovit BMI a poměr ECM/BCM
- Odhadnout velikost bazálního metabolismu
- Určit fitness skóre hráčů
- Výsledky porovnat s doporučenými hodnotami
- Výsledky porovnat mezi jednotlivými herními posty

#### Hypotézy:

H<sub>1</sub> – Brankáři mají vyšší zastoupení tělesného tuku než ostatní herní posty

H<sub>2</sub> – Obránci mají vyšší množství celkové tělesné vody než záložníci

H<sub>3</sub> – Záložníci mají nižší množství tukuprosté hmoty než útočníci

H<sub>4</sub> – Útočníci mají nižší množství kosterního svalstva než brankáři

## 4 METODIKA

### 4.1 Soubor

Sledovaný soubor tvořilo celkem 271 probandů, kteří nastupují v 1. lize České republiky mužů nebo nejvyšších mládežnických soutěžích. Průměrný věk probandů  $20,13 \pm 4,42$  let. Data byla při zpracování rozdělena do 4, respektive 6 skupin dle herních postů (Tabulka 4, Tabulka 5). Rozdělení na 6 herních postů je z důvodu ještě specifitějšího rozdělení dle herní úlohy hráčů. Herní posty hráčů byly konzultovány s trenéry a případně dohledány na webových stránkách klubů.

**Tabulka 4.** Rozdělení probandů do 4 skupin dle herních postů

Herní post	n	Označení
Brankář	18	1
Obránce	94	2
Záložník	114	3
Útočník	45	4

**Tabulka 5.** Rozdělení probandů do 6 skupin dle herních postů

Herní post	n	Označení
Brankář	18	1
Střední obránce	59	2
Krajní obránce	35	3
Střední záložník	58	4
Krajní záložník	56	5
Útočník	45	6

### 4.2 Průběh měření

Měření fotbalistů proběhlo v laboratořích FTK UP Olomouc. Pro měření tělesné výšky bylo antropometrem A-213 (Trystom, Česká republika), který má přípustnou chybu měření 0,1 cm. K určení tělesného složení bylo využito bioelektrického impedančního analyzátoru InBody 720.

Měření bylo realizováno s informovaným souhlasem hráčů a se souhlasem EK FTK UP v Olomouci.



### 4.2.1 InBody 720

InBody 720 (Biospace, Soul, Jižní Korea) je multifrekvenční přístroj, který využívá pro odhad tělesného složení bioelektrickou impedanci. Používá technologii označovanou DSM-BIA (Direct Segmental Measurement-BIA). Při měření se užívá střídavý elektrický proud o frekvenci 1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz. Pro frekvence do 1 kHz včetně, využívá elektrický proud o velikosti  $100\mu\text{A}$ , pro vyšší frekvence  $500\mu\text{A}$ . Jedná se o tetrapolární přístroj, který má 8 dotykových elektrod, které jsou umístěny na levé i pravé části těla (2 pravá horní končetina, 2 levá horní končetina, 2 pravá dolní končetina a 2 levá dolní končetina). Elektrody na horní končetině jsou umístěny v oblasti dlaně a palce ruky. Na dolní končetině jsou v přední části chodidla a na patě.

Měření probíhá ve stoje, je jednoduché a rychlé. Při měření je důležité dodržet standardní podmínky. Obsluha by měla seznámit probandy s jejich dodržením (pohybová aktivita, jídlo, pití), také zajistit standardní podmínky v místnosti (teplota 20–25 °C). Dále musí obsluha vysvětlit správné umístění horních a dolních končetin na elektrody, polohu těla při měření (paže svírají s tělem úhel 15°). Měření trvá méně než 1 minutu (InBody, 2014).

Tělesná hmotnost je přístrojem rozdělena na celkovou tělesnou vodu, tělesný tuk a sušinu (proteiny + minerály). Po změření získáme údaje o analýze svalstva, tělesné kompozici, diagnóze obezity, svalové rovnováze, segmentálním otoku, ploše viscerálního tuku, hodnocení fyzické kondice, ale také o předchozích měřeních. Zadní strana obsahuje vysvětlení parametrů měření.

Mezi parametry zahrnuté v analýze svalstva patří množství extra- a intracelulární voda (l), celková tělesná voda (l), celkové množství minerálů (kg), množství kostních minerálů (kg), zastoupení proteinů (kg), štíhlá tělesná hmota (kg), tukuprostá hmota (kg), tělesný tuk (kg) a tělesná hmotnost (kg). Analýza svalstva a tuku je spojena s množstvím kosterního svalstva (kg), tělesného tuku a tělesnou hmotností. Diagnóza obezity se skládá z BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), procentuální zastoupení tělesného tuku (%) a WHR (poměr pas/boky). Svalovou rovnováhu tvoří informace o zastoupení štíhlé tělesné hmoty v jednotlivých segmentech a poměr svaloviny (%) a odhadnuté zastoupení tuku v segmentech.

### 4.2.2 Podmínky pro měření a přesnost přístroje

Při měření by měly být dodrženy určité standardní podmínky, které zajistí přesnost měření přístroje. Jedná se o splnění standardních podmínek ze strany měřené osoby, ale i

osoby, která měření provádí. Zároveň je důležité, o jaký přístroj konkrétně se jedná, kolik užívá frekvencí, typ a počet elektrod, apod. Mezi podmínky, které se týkají probandů, patří jejich aktivita, strava, pitný režim, užívání některých léků, apod.

Heywardová a Wagner (2004) považují za nejdůležitější podmínky, které by měla měřená osoba před měřením dodržet:

- alespoň 12 h před měřením necvičit;
- alespoň 4 h před měřením nejíst;
- alespoň 48 h před měřením nepít alkohol;
- alespoň 7 dní před měřením neužívat močopudné látky.

Důležitost provádět test před jídlem se váže na přesnost měření. Pokud by došlo k měření po jídle, započítalo by se jídlo do tělesné hmotnosti, což by vedlo k chybě měření. Podle Kyle et al. (2004b) dojde v závislosti na požití potravin ke snížení impedance o 4–15  $\Omega$ , což představuje chybu do 3 %. Měřená osoba by měla před měřením použít toaletu, protože by opět mohla být ovlivněna tělesná hmotnost. Neprovádět pohybovou aktivitu před měřením se doporučuje, protože může dojít k dočasným změnám v tělesném složení. Pro přesnost měření je důležité, aby měřená osoba nepřišla krátce po osprchování či ze sauny. Za standardní podmínky se považuje také dodržení normální teploty v rozmezí 20–25 °C. Pokud bychom chtěli provádět opakované měření, měli bychom měření provádět za shodných podmínek jako předchozí měření (Biospace, 2004a). Pokud máme zařízení, které měří impedanci pouze jedné strany těla, měli bychom dát přednost měření pravé straně. Rozdíl mezi levou a pravou stranou těla je okolo 1–2 % (Bunc, Cingálek, Moravcová, & Kalous, 2001). Dále je důležité, aby během měření na sobě neměla měřená osoba kovové předměty (prstýnky, řetízky, přezky, apod.). Ideální je měřit klienty ve spodním prádle.

Přístroje BIA mají samy o sobě chybu měření přibližně 1,5 % (Bunc, Cingálek, Moravcová, & Kalous, 2001). Podle Bunce, Cingálka, Moravcové a Kalouse (2001) může počet měřících frekvencí střídavého elektrického proudu tvořit chybu okolo 1–2 %, což se projevuje především u monofrekvenčních přístrojů.

Osoba, která provádí měření, by měla zajistit správné umístění elektrod, případně jejich uchopení. Podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) způsobuje posunutí měřících elektrod o  $\pm 2$  cm od stanovené polohy chybu  $\pm 4,1$  %. Podle Bunce, Cingálka, Moravcové a Kalouse (2001) je také důležité, o jaký typ elektrod se jedná. Některé elektrody mohou vést k chybě až 3 %. Jestliže se jedná o přístroje, u kterých probíhá měření ve stoje, mělo by dojít k vysvětlení správného postoje (Obrázek 18). Dále musí přesně změřit tělesnou výšku měřené osoby. Bunc, Cingálek, Moravcová a Kalous (2001) uvádí, že pokud probíhá měření v lehu, je důležité brát v úvahu vodivost podložky. Zde může vzniknout chyba cca 1–2 %.



- Umístěte palec na tlačítko elektrody a lehce zmáčkněte, aby byl zajištěn kontakt
- 4 prsty rovnoměrně rozložte na povrch spodní elektrody tak, aby byl zajištěn kontakt



- Šlápněte naboso tak, abyste nejprve umístili patu na kruhovou elektrodu
- Položte Vaše chodidlo na povrch elektrody



- Vyvarujte se přímého kontaktu paží a těla v podpaží  
→ upažte tak, aby paže s tělem svíraly úhel 15 stupňů
- Udržte tuto pozici v průběhu celého odhadu

**Obrázek 18.** Pokyny pro umístění elektrod pro horní a dolní končetiny a poloha horních končetin u přístrojů InBody v průběhu měření (upraveno dle Biospace, 2005).

#### 4.3 Statistické zpracování dat

Naměřená data byla převedena a připravena pro další zpracování v programu Microsoft Office Excel 1997-2003. Čísla 1–4 byly označeny posty hráčů. Druhý dokument pro zpracování, dělený na 6 herních postů, byl označen čísly 1–6. Poté byly soubory zpracovány programem STATISTIKA vs. 12. Pro porovnání parametrů tělesného složení mezi skupinami byl použit Kruskal-Wallisova ANOVA. Při porovnání %BF  $p = 0,0932$  při rozdělení na 4 herní posty ( $p = 0,1692$  při 6 herních postech). Porovnání BFMI bylo při  $p = 0,0124$  (4 herní posty), respektive  $p = 0,0172$  (pro 6 herních postů). Pro ostatní srovnání parametrů mezi herními posty byla hladina statistické významnosti  $p < 0,005$ .

Pro výpočet procentuálního zastoupení celkové tělesné vody, extra- a intracelulární vody, tukuprosté hmoty, kosterního svalstva bylo použito rovnic v programu Microsoft Office Excel 2007.

#### 4.4 Sledované parametry a jejich popis

##### 1) Základní antropometrické charakteristiky:

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

##### 2) Komponenty tělesného složení

- TBW – celková tělesná voda (l), která je dána součtem ICW (l) a ECW (l);
- FFM – tukuprostá hmota (kg);
- SMM – kosterní svalstvo (kg);
- BCM – množství buněčné hmoty (kg);
- BFM – celkový tělesný tuk (kg) a jeho relativní zastoupení (%BF, %);
- minerály – celkové zastoupení minerálů (kg);
- proteiny – množství proteinů (kg);
- ECM – množství mimobuněčné hmoty (kg);

##### 3) Segmentální analýza

- pravá horní končetina;
- levá horní končetina;
- trup;
- pravá dolní končetina;
- levá dolní končetina;

##### 4) Indexy

- FFMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
- BFMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
- BCMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
- BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

##### 5) Dodatečná data

- BMR – bazální metabolismus (kcal);
- fitness skóre (body).

## **Kosterní svalstvo a štíhlá tělesná hmota**

U zdravé populace nacházíme pozitivní korelaci mezi svalovou hmotou a bazálním metabolismem (BMR). Vyšší množství svalové hmoty vede k vyššímu energetickému výdeji v klidu. Důvodem je, že svalová tkáň je metabolicky mnohem více aktivní, v porovnání s mnoha jinými tkáněmi, například s kostní či tukovou tkání. To znamená, že při porovnání stejného množství různých tkání, bude svalová tkáň potřebovat v klidovém stavu více energie (Stewart & Sutton, 2012).

Podle Biospace (2004a) je štíhlá tělesná hmota (LBM – Lean Body Mass) tvořena celkovou tělesnou vodou, proteiny a mimokostními minerály. Při segmentální analýze přístroj InBody zjistí údaje o absolutním zastoupení v jednotlivých segmentech. Zároveň je z naměřené hodnoty, porovnáním s ideálním zastoupením, vypočteno relativní zastoupení. Pro výpočet je využito vztahu:  $\%LBM = 100 \cdot \left( \frac{LBM_{segmentu}}{LBM_{ideální\ segmentu}} \right)$ .

Pro horní končetiny je za normální hodnoty štíhlé hmoty považováno rozmezí 80–120 %. Pro trup a dolní končetiny jsou průměrné hodnoty od 90 % do 110 %. Hodnoty, které jsou nad těmito hranicemi, jsou považovány za nadprůměrné. Nižší relativní zastoupení je považováno za podprůměrné (Biospace, 2004a).

## **Bazální metabolismus**

Minimální množství energie, která je potřebná pro udržení životních funkcí v klidu, se nazývá bazální metabolismus (BMR – Basal Metabolic Rate). Přístroj InBody 720 odhaduje BMR výpočtem na základě znalosti množství tukuprosté hmoty (Biospace, 2004a). Vychází z rovnice:  $REE(kcal/den) = (21,6 \cdot FFM) + 370$ , kde REE (Resting Energy Expenditure) je klidový energetický výdej (Cunningham, 1991). Velikost bazálního metabolismu souvisí s množstvím svalové hmoty (Stewart & Sutton, 2012).

## **Fitness skóre**

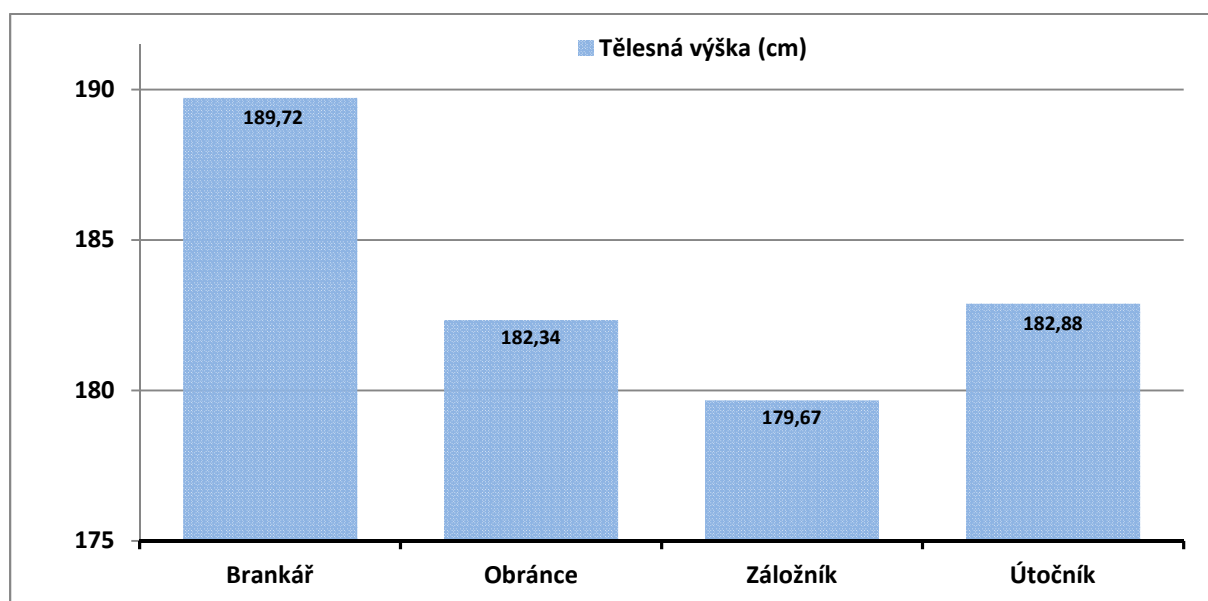
Fitness skóre slouží k motivaci měřené osoby. Při opakovaném měření může sledovat změny ve svém tělesném složení. Fitness skóre je vychází z množství svalové a tukové hmoty vztažených k tělesné hmotnosti. Jsou stanovena tři pásma. Pokud je výsledné skóre  $\leq 70$  bodů, jedná se o slabého či obézního člověka. Při skóre  $\geq 90$  bodů se jedná o atletický typ člověka. Jestliže je měřená osoba v rozmezí 70–90 bodů, je hodnocena jako normální, zdravý typ (Biospace, 2004a).

## 5 VÝSLEDKY

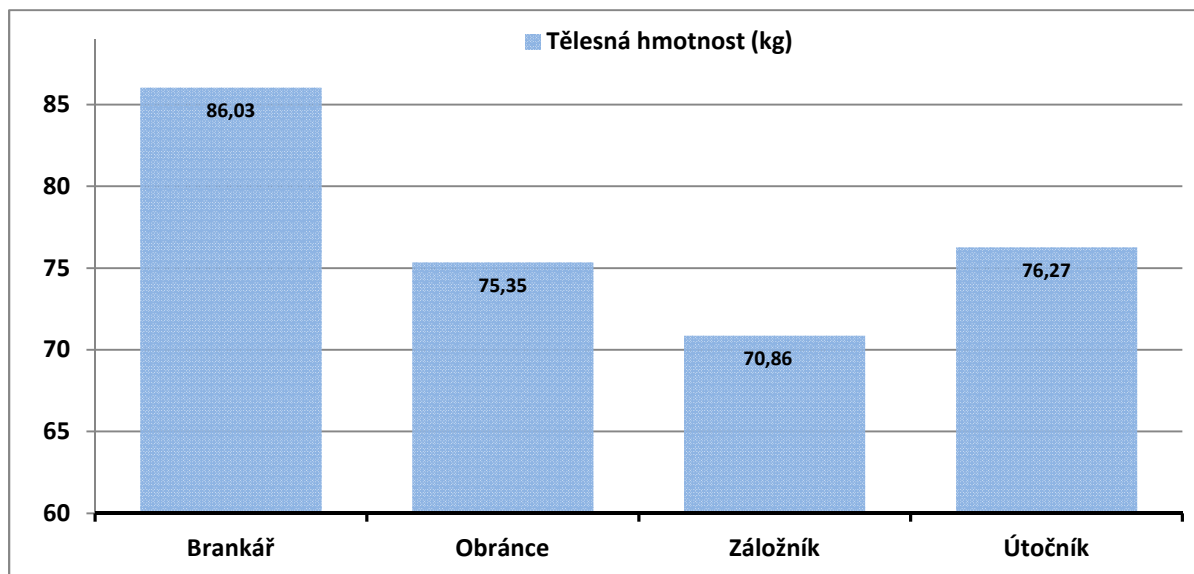
Hráči byli rozděleni dle herních postů na brankáře (n=18), obránce (n=94), záložníky (n=114) a útočníky (n=45). Pro ještě specifičtější rozdělení byly hráči obranné a záložní řady rozděleni na krajní a střední hráče. Tímto dělením jsme získali střední obránce (n=59), krajní obránce (n=35), střední záložníky (n=58) a krajní záložníky (n=56). Popisné charakteristiky jednotlivých herních postů jsou shrnuty v přílohách 2–9.

Průměrný věk brankářů  $22,67 \pm 6,00$ , obránců  $20,80 \pm 4,85$ , záložníků  $19,67 \pm 3,60$  a útočníků  $18,91 \pm 4,17$  let. Brankáři dosahovali tělesné výšky  $189,72 \pm 3,99$  cm a tělesné hmotnosti  $86,03 \pm 6,13$  kg. Obránci měli tělesnou výšku  $182,34 \pm 4,50$  cm při tělesné hmotnosti  $75,35 \pm 6,78$  kg. Nejmenší tělesná výška byla nalezena u hráčů záložní řady a je  $179,67 \pm 4,83$  cm, tělesná hmotnost byla  $70,86 \pm 6,26$  kg. Hráči hrající post útočníka měli tělesnou výšku  $182,88 \pm 6,87$  cm, při tělesné hmotnosti  $76,27 \pm 7,97$  kg.

Nejvyšší tělesné výšky a tělesné hmotnosti dosahovali brankáři, nejnižší byli hráči zastávající post záložníka, kteří měli i nejnižší tělesnou hmotnost. Obránci a hráči hrající post útočníka měli podobnou tělesnou výšku i hmotnost (Obrázek 19; Obrázek 20). Z výsledků vyplynulo, že byly statisticky významné rozdíly v tělesné výšce mezi brankáři a všemi ostatními hráčskými posty a také mezi obránci a záložníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 10). U tělesné hmotnosti byly nalezeny signifikantní rozdíly mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ; Příloha 11), pouze mezi obránci a útočníky nebyly.



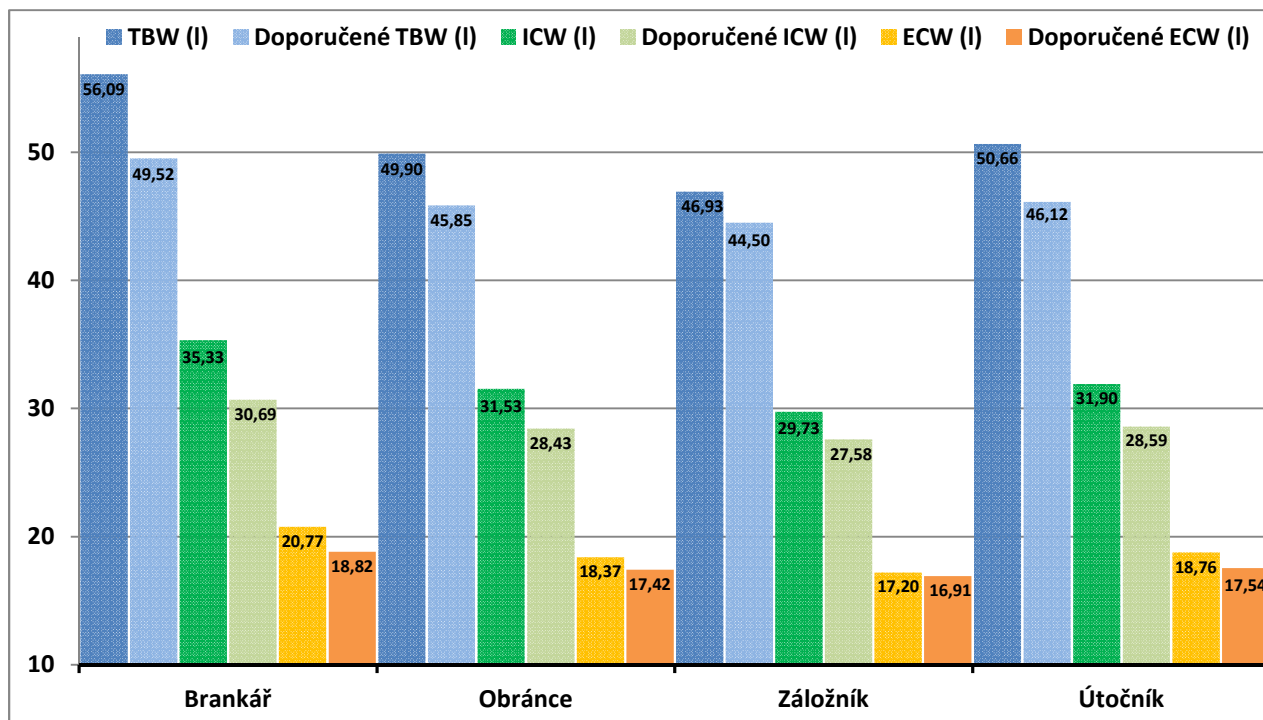
**Obrázek 19.** Porovnání tělesné výšky dle herních postů



**Obrázek 20.** Porovnání tělesné hmotnosti dle herních postů

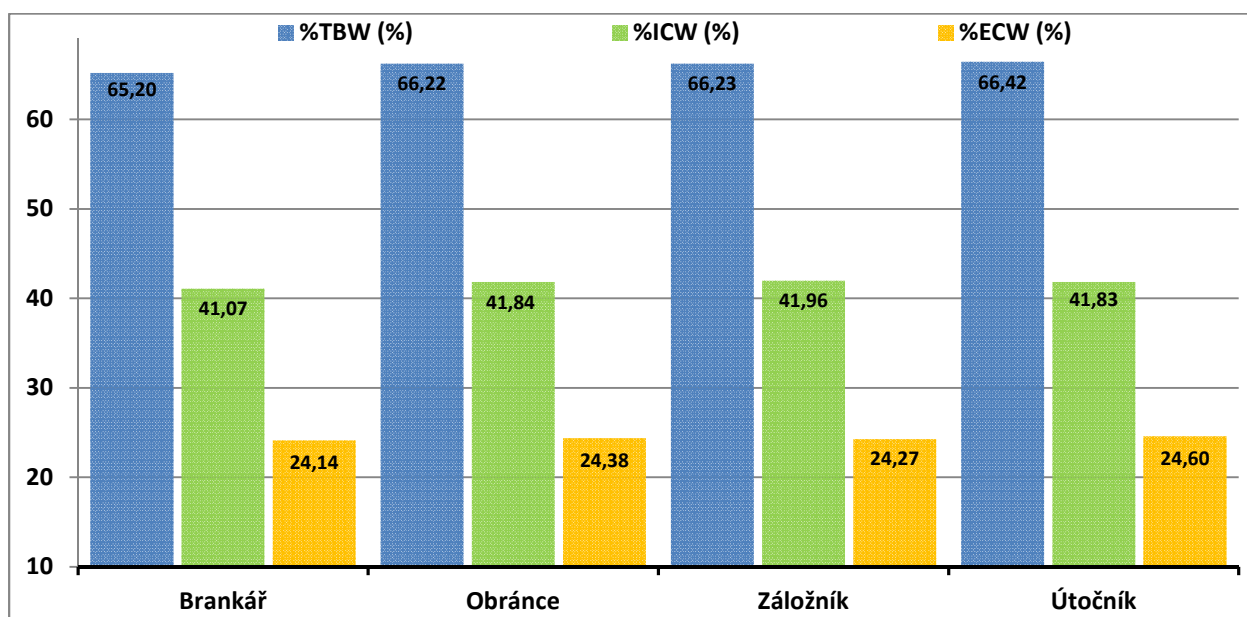
### **Celková tělesná voda, intra- a extracelulární voda**

Celková tělesná voda byla zastoupena u brankářů  $56,09 \pm 4,36$  l, obránců  $49,90 \pm 4,43$  l, záložníků  $46,93 \pm 4,02$  l a útočníků  $50,66 \pm 4,91$  l. Doporučené množství celkové tělesné vody stanovené přístrojem bylo  $49,52 \pm 2,03$  l (brankáři),  $45,85 \pm 2,26$  l (obránci),  $44,50 \pm 2,44$  l (záložníci) a  $46,12 \pm 3,34$  l (útočníci). Zastoupení intracelulární vody jednotlivých herních postů bylo v rozmezí 29,73–35,33 l. Stanovené doporučené zastoupení ICW se mělo pohybovat mezi 27,58 až 30,69 l. Mimobuněčná voda byla zastoupena v rozmezí od 17,20 do 20,77 l. Doporučené hodnoty ECW byly mezi 16,91 až 18,82 l (Obrázek 21). Absolutní zastoupení TBW, ICW i ECW bylo nejvyšší u brankářů, nejnižší u záložníků. Všechny skupiny měli vyšší množství celkové tělesné vody v porovnání s doporučenými hodnotami.



**Obrázek 21.** Absolutní a doporučené zastoupení TBW, ICW a ECW jednotlivých postů

Relativní zastoupení celkové tělesné vody bylo od 65,20 % do 66,42 %, nejvyšší bylo u útočníků a nejnižší u brankářů. Rozdíl činil pouze 1,22 %. Percentuální zastoupení ICW bylo v rozmezí 41,07–41,96 %, nejvyšší bylo u záložníků a nejnižší u brankářů. Z pohledu relativního zastoupení ECW byly hodnoty 24,14 až 24,60 % (Obrázek 22).



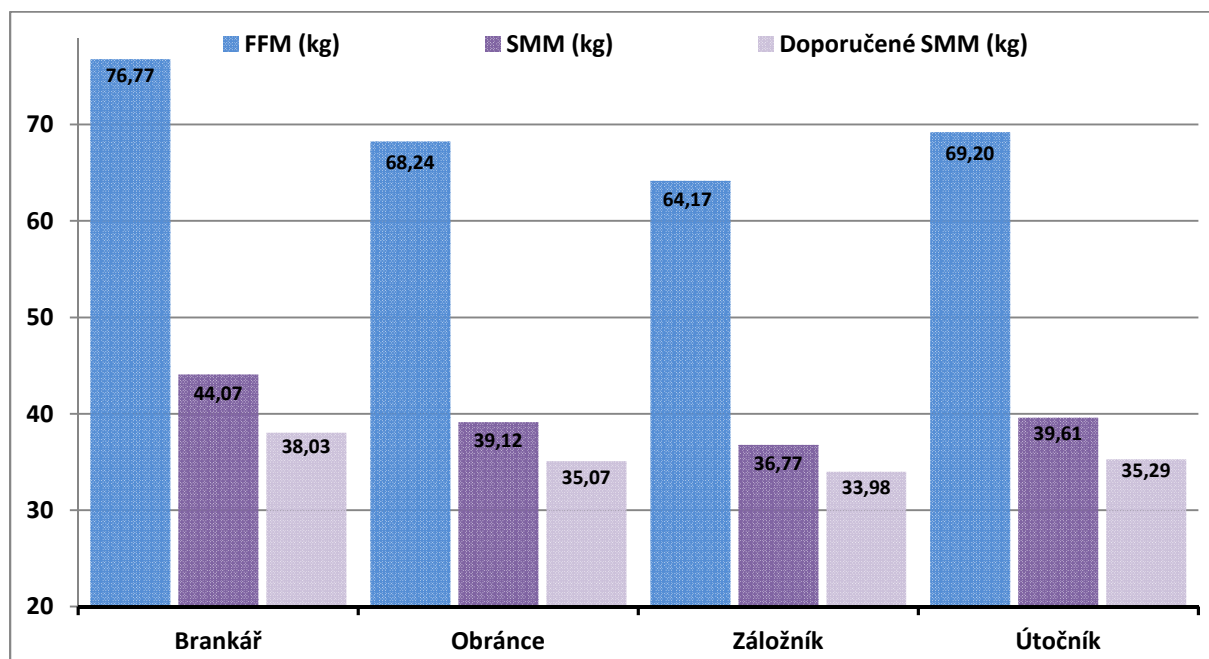
**Obrázek 22.** Relativní zastoupení TBW, ICW a ECW jednotlivých postů



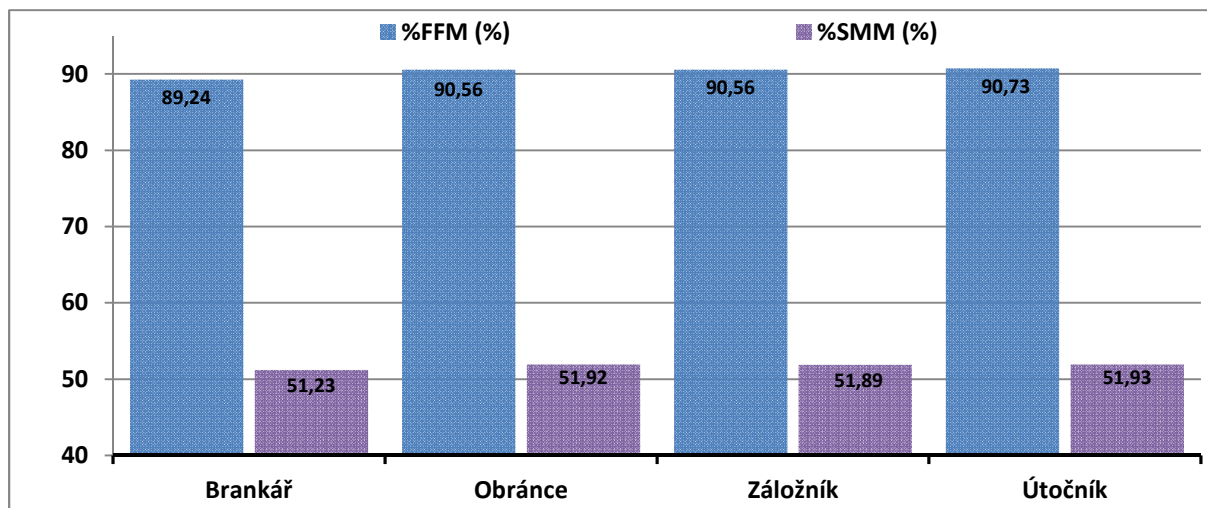
Jak vyplynulo z výsledků, byly statisticky významné rozdíly v absolutním zastoupení TBW, ICW i ECW mezi všemi posty hráčů ( $p < 0,005$ ; Příloha 12–14), s výjimkou porovnání útočníků s obránci. Hypotéza  $H_2$  je potvrzena, protože mají obránci významně vyšší množství celkové tělesné vody v porovnání se záložníky.

### Tukuprostá hmota a kosterní svalstvo

Tukuprostá hmota byla zastoupena u jednotlivých postů následujícím způsobem: 76,77 kg (89,24 %) u brankářů, 68,24 kg (90,56 %) u obránců, 64,17 kg (90,56 %) záložníků a 69,20 kg (90,73 %) u útočníků. Doporučené zastoupení kosterního svalstva bylo 33,98 kg až 38,03 kg (Obrázek 23). U všech hráčských postů bylo nalezeno vyšší množství SMM, než vykazují doporučené hodnoty (36,77–44,07 kg). Procentuální zastoupení SMM bylo téměř u všech postů shodné: nejnižší hodnota byla nalezena u brankářů (51,23 %), nejvyšší průměrná hodnota u útočníků (51,93 %, Obrázek 24).



**Obrázek 23.** Absolutní a doporučené zastoupení FFM a SMM na jednotlivých herních postech

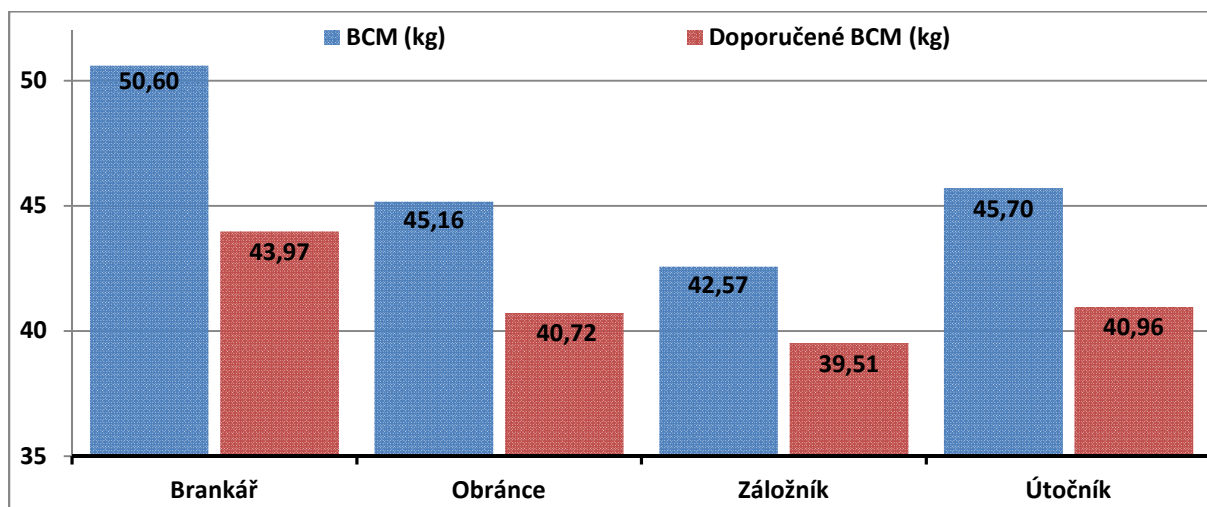


**Obrázek 24.** Relativní zastoupení FFM a SMM na jednotlivých herních postech

Signifikantní rozdíly v absolutním zastoupení FFM i SMM byly mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ; Příloha 15–16), s výjimkou porovnání obránců s útočníky. Záložníci mají signifikantně nižší zastoupení tukuprosté hmoty než útočníci, hypotéza  $H_3$  potvrzena. Útočníci mají významně nižší množství kosterního svalstva než brankáři, tím je potvrzena hypotéza  $H_4$ .

### Buněčná hmota

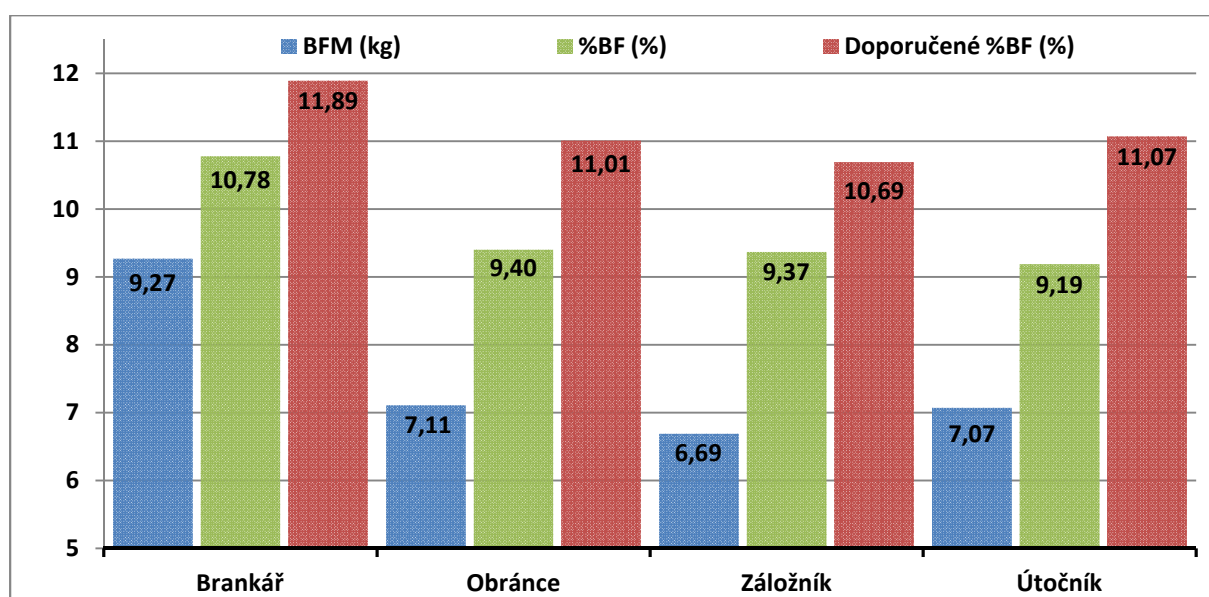
Buněčná hmota byla u hráčů fotbalu zastoupena ve vysokém podílu, a to od 42,57 do 50,60 kg (Obrázek 25). Doporučené hodnoty byly výrazně nižší. Pohybovaly se v rozmezí 39,51 kg až 43,97 kg. Mezi obránci a útočníky nejsou statisticky významné rozdíly, mezi ostatními herními posty jsou rozdíly signifikantní ( $p < 0,005$ ; Příloha 17).



**Obrázek 25.** Absolutní a doporučené zastoupení BCM na jednotlivých herních postech

## Tělesný tuk

Hráči nastupující na postu brankáře měli 9,27 kg tělesného tuku, což odpovídá 10,78 % tělesné hmotnosti. U obránců bylo průměrné zastoupení tělesného tuku 7,11 kg (9,40 %). Záložníci měli tělesného tuku v absolutním množství nejméně (6,69 kg), v procentuálním vyjádření to činí 9,37 %. Hráči útočné řady měli 7,07 kg tělesného tuku, relativní zastoupení tuku 9,19 % (Obrázek 26). Analyzátořem stanovené doporučené hodnoty procentuálního zastoupení tělesného tuku byly v rozmezí 10,69–11,89 %. Hodnoty u hráčů jsou výrazně nižší. Rozdíl v množství tělesného tuku mezi hráčskými posty představuje maximálně 2,58 kg (1,59 %).

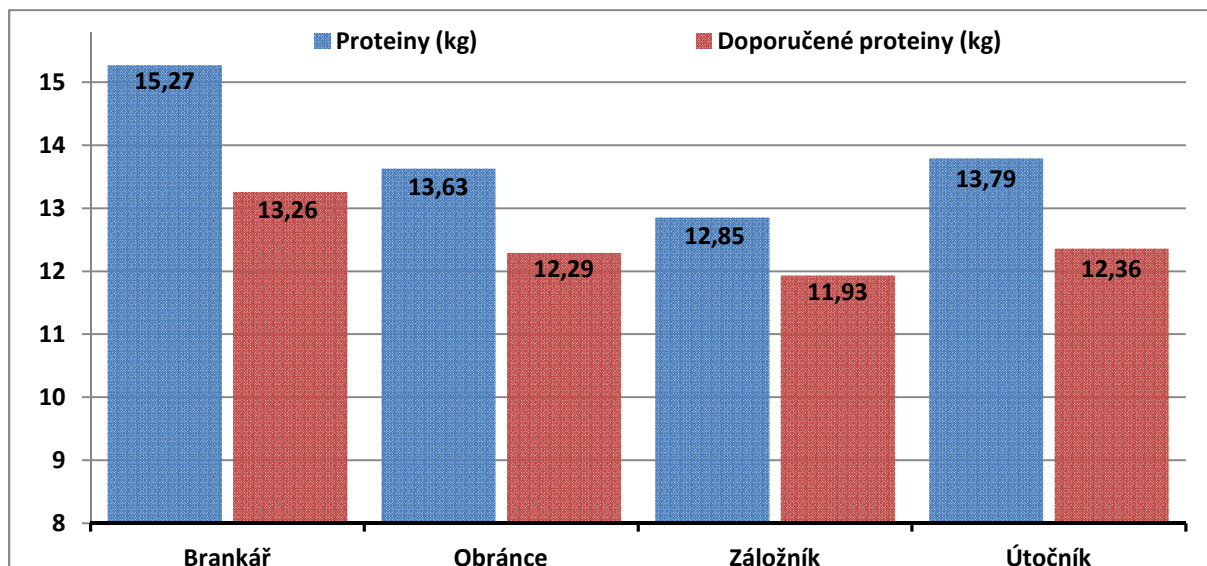


**Obrázek 26.** Absolutní, relativní a doporučené zastoupení BFM na jednotlivých herních postech

Signifikantní rozdíly v absolutním množství tělesného tuku nalezneme pouze mezi brankáři a ostatními herními posty ( $p < 0,005$ ; Příloha 18). Brankáři mají významně vyšší zastoupení tělesného tuku v porovnání s ostatními herními posty, tím je hypotéza  $H_1$  potvrzena. Relativní zastoupení je bez významných rozdílů ( $p = 0,0932$ ; Příloha 19).

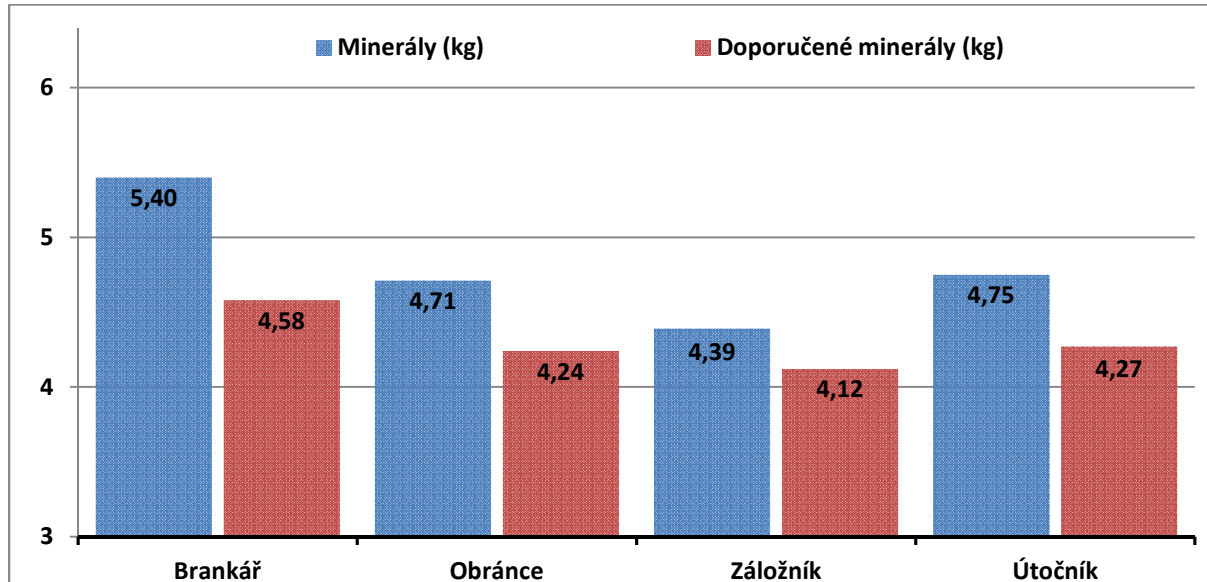
## Proteiny a minerály

Proteiny byly zastoupeny v rozmezí od 12,85 kg u záložníků, do 15,27 kg u brankářů (Obrázek 27). Jejich zastoupení souvisí s množstvím svalové hmoty zastoupené v různých komponentách. Doporučené hodnoty byly 11,93–13,26 kg. U všech hráčských postů bylo množství proteinů vyšší než doporučená hodnota.



**Obrázek 27.** Absolutní a doporučené zastoupení proteinů u jednotlivých herních postů

Podobně jako u proteinů, také u minerálů bylo nalezeno nejvyšší zastoupení u brankářů (4,46 kg) a téměř shodně byly minerály zastoupeny u všech ostatních hráčských postů (Obrázek 28). Hodnoty doporučené analyzátořem (4,12–4,58 kg) byly nižší, než hodnoty minerálů u všech herních postů.

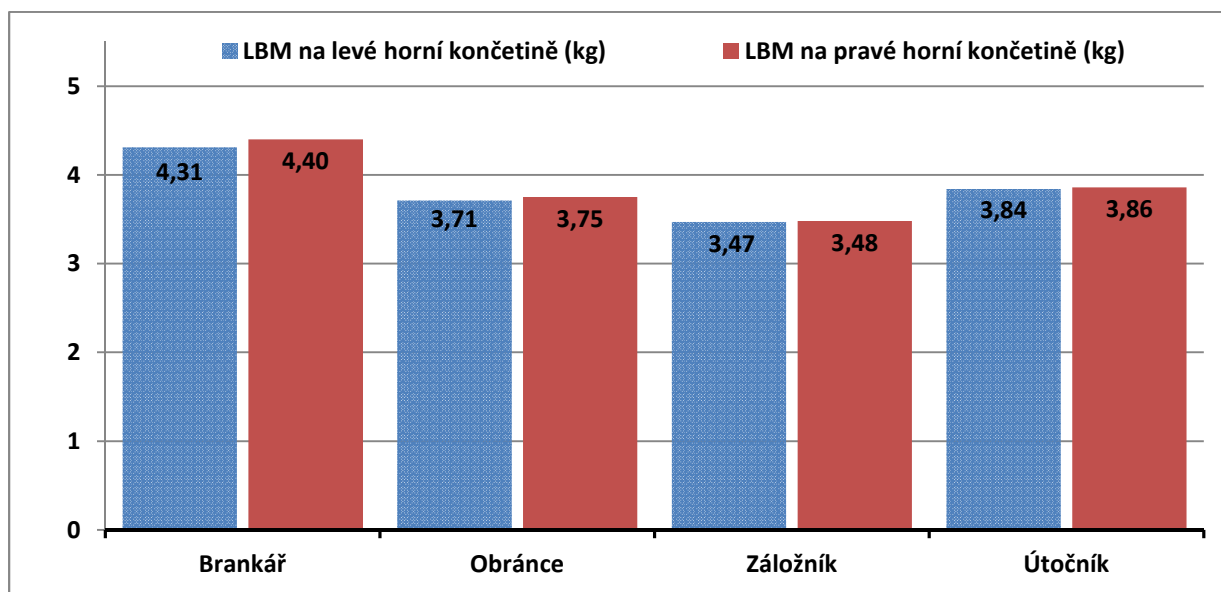


**Obrázek 28.** Absolutní a doporučené zastoupení minerálů jednotlivých herních postů

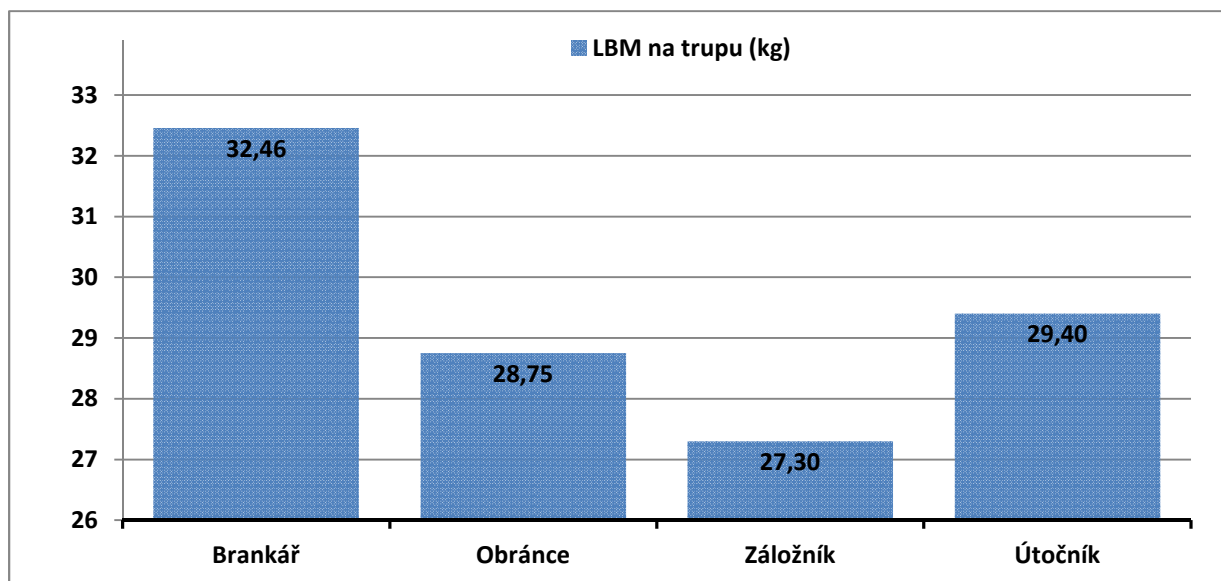
Signifikantní rozdíly v zastoupení minerálů a proteinů byly nalezeny mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ; Příloha 20–21), s výjimkou obránců a útočníků.

## Segmentální analýza

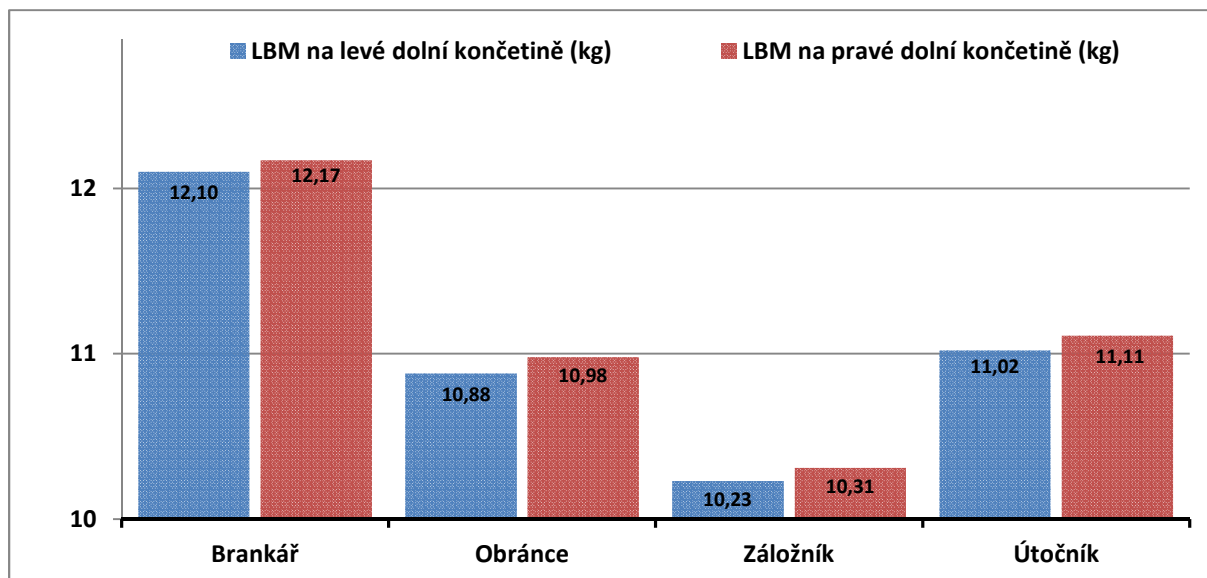
Množství štíhlé hmoty v jednotlivých segmentech bylo následující: pravá horní končetina od 3,48 do 4,40 kg, levá horní končetina 3,47 až 4,31 kg (Obrázek 29), trup v rozmezí 27,30–32,46 kg (Obrázek 30), pravá dolní končetina 10,31–12,17 kg a levá dolní končetina od 10,23 do 12,10 kg (Obrázek 31). Signifikantní rozdíly byly v zastoupení štíhlé hmoty u všech segmentů mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ; Příloha 22–26), kromě porovnání obránců s útočníky. Rozdíly mezi levou a pravou stranou na končetinách byly minimální.



Obrázek 29. Porovnání množství štíhlé hmoty horních končetin hráčů fotbalu

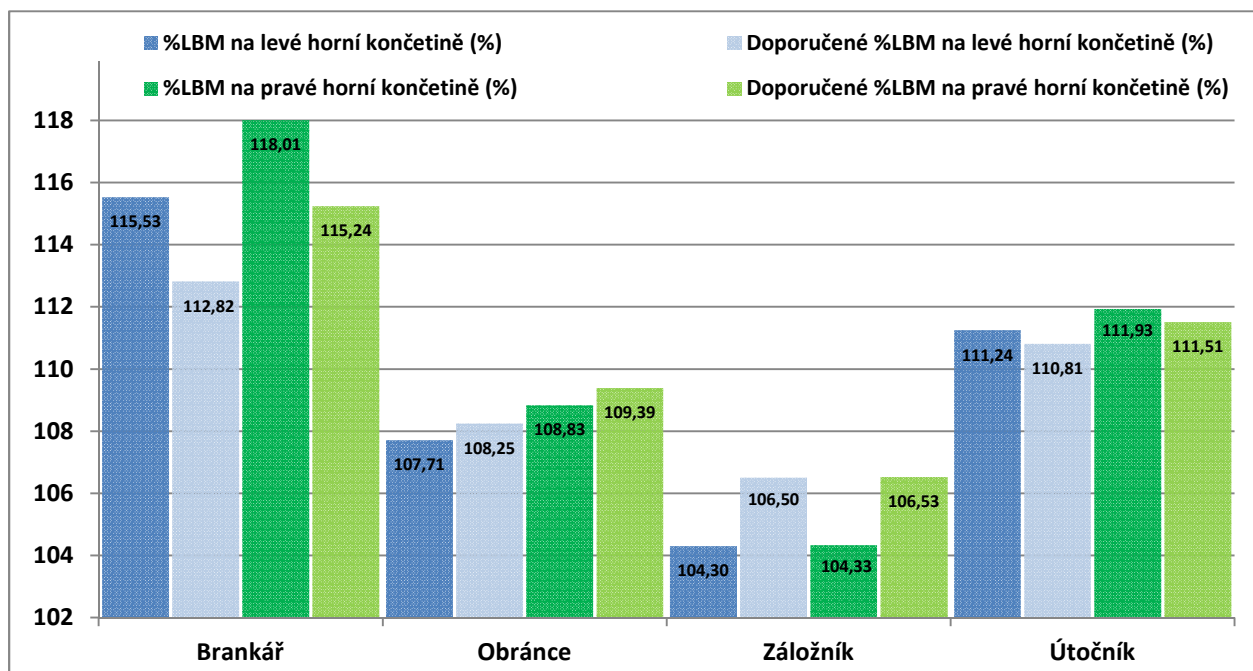


Obrázek 30. Porovnání množství štíhlé hmoty trupu hráčů fotbalu



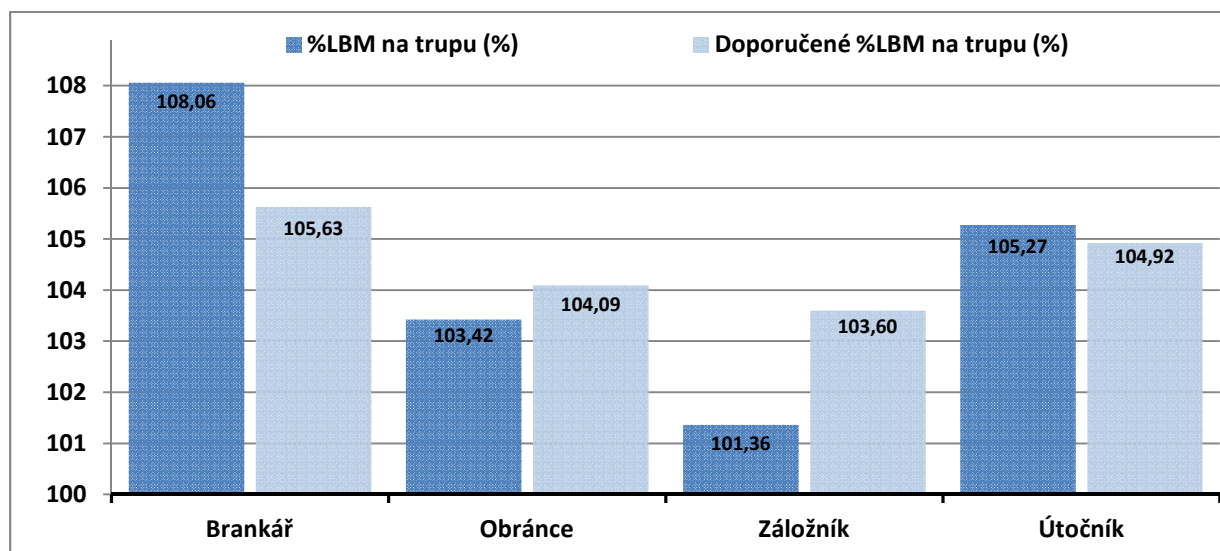
**Obrázek 31.** Porovnání množství štíhlé hmoty dolních končetin u fotbalistů

Percentuální zastoupení štíhlé hmoty horních končetin jednotlivých postů v porovnání s ideální hodnotou bylo 104,30 až 115,53 % u levé, 104,33–118,01 u pravé. Doporučené procentní množství bylo pro levou horní končetinu stanoveno od 106,50 do 112,82 %, pro pravou dolní končetinu rozmezí 106,53–115,24 % (Obrázek 32). Brankáři a útočníci měli vyšší percentuální zastoupení štíhlé hmoty v porovnání s doporučenou hodnotou u obou horních končetin. Obránce a záložníci naopak nižší.



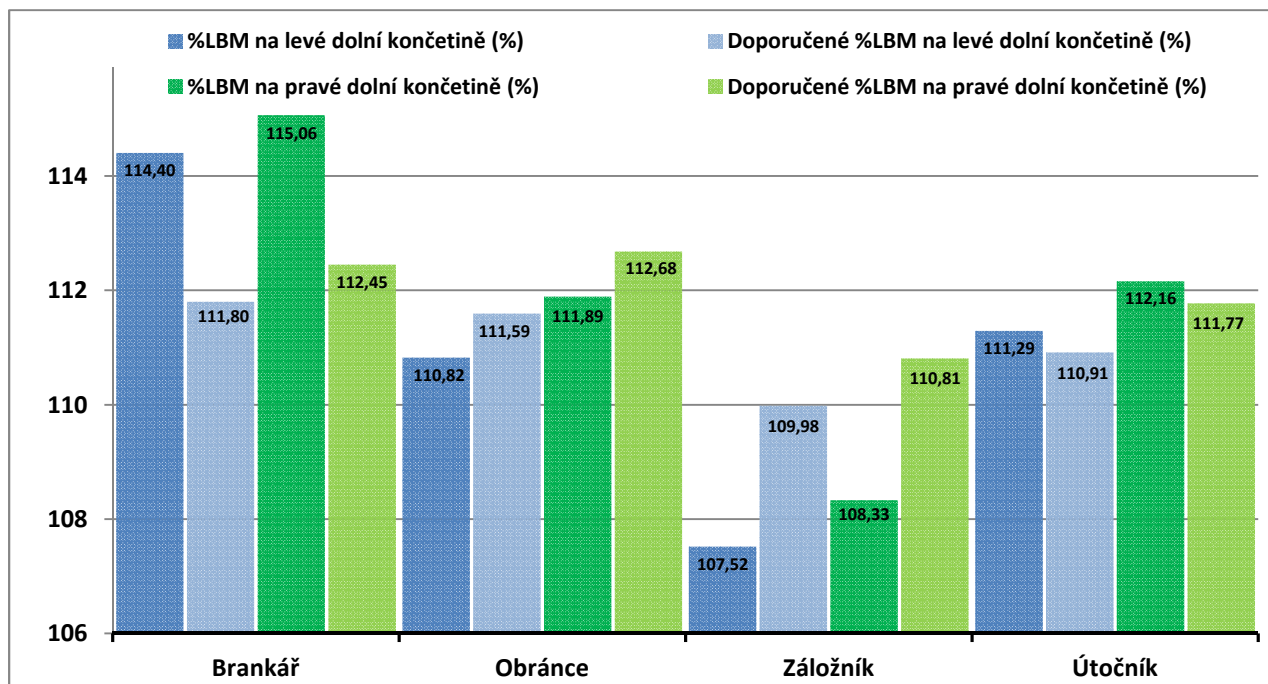
**Obrázek 32.** Porovnání percentuálního a doporučeného percentuálního zastoupení štíhlé hmoty horních končetin fotbalistů

Percentuální zastoupení štíhlé tělesné hmoty na trupu bylo nejnižší 101,36 % u záložníků a nejvyšší 108,06 % u brankářů. Stanovené doporučené hodnoty byly v rozmezí 103,60–105,63 % (Obrázek 33). Brankáři s útočníky měli vyšší relativní zastoupení štíhlé tělesné hmoty na trupu, než bylo stanovené doporučené zastoupení. Hráči obranné a záložní řady měli percentuální zastoupení LBM na trupu nižší v porovnání s doporučenou hodnotou.



**Obrázek 33.** Porovnání percentuálního a doporučeného percentuálního zastoupení štíhlé hmoty na trupu u fotbalistů

Dolní končetiny měly rozmezí 108,33–114,40 % (levá), 108,38 až 115,06 (pravá) procentuální štíhlé tělesné hmoty (Obrázek 34). Doporučené percentuální zastoupení štíhlé hmoty dolních končetin stanovené přístrojem bylo pro levou od 109,98 do 111,80 %, pravou mezi 110,81 % a 112,68 %. Stanovené doporučené percentuální zastoupení štíhlé tělesné hmoty na dolních končetinách bylo u brankářů a útočníků nižší než naměřené hodnoty. Obránci se záložníky měli naopak stanoveny vyšší doporučené hodnoty.

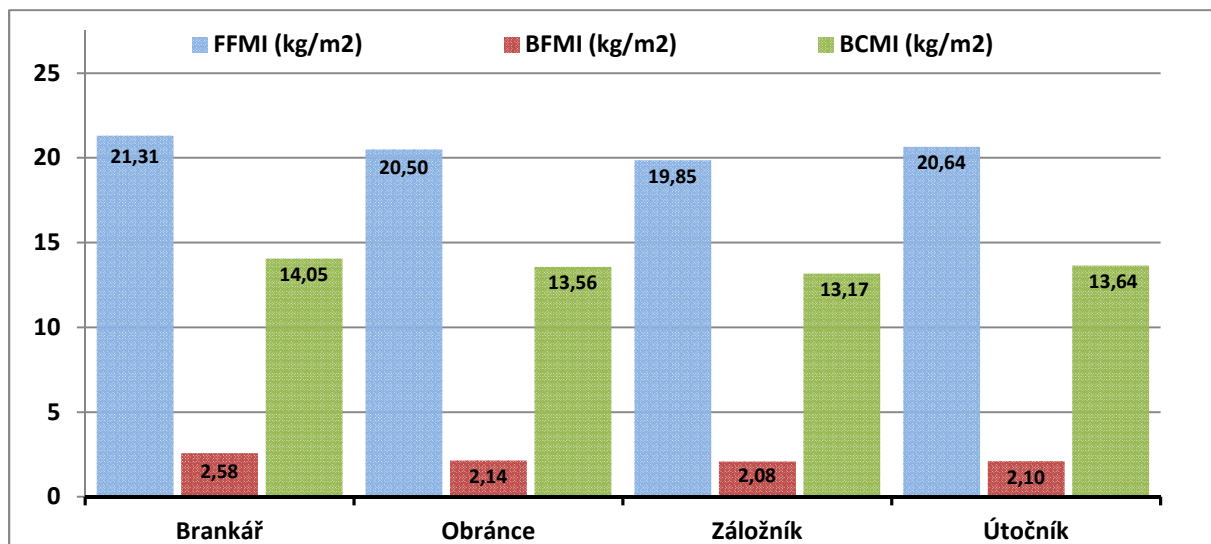


**Obrázek 34.** Porovnání percentuálního a doporučeného percentuálního zastoupení štíhlé hmoty na dolních končetinách u fotbalistů

### Indexy tělesného složení

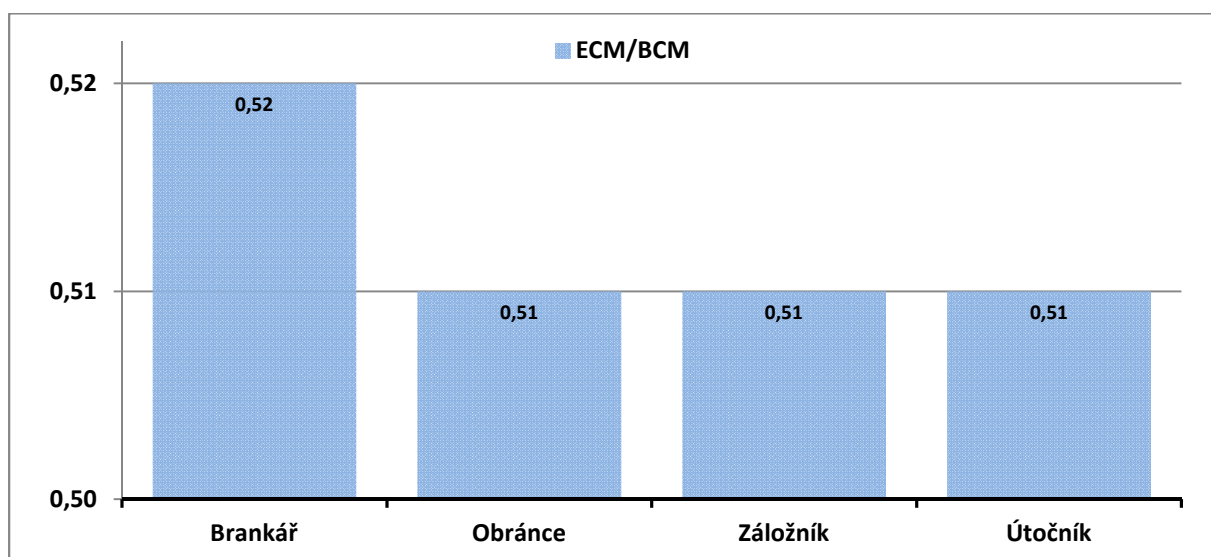
Průměrné hodnoty **FFMI** nabývaly vysokých rozmezí 19,85–21,31 kg/m<sup>2</sup>. Výrazně přesahovaly doporučené hodnoty. Signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi záložníky a ostatními herními posty ( $p < 0,005$ ; Příloha 27). Také buněčná metabolicky aktivní hmota vyjádřená a vztažená k druhé mocnině tělesné výšky v podobě **BCMI** nabývala vysokých průměrných hodnot. U brankářů se jednalo o 14,05 kg/m<sup>2</sup>. U ostatních herních postů se výsledky lišily v desetínách, tedy 13,17 kg/m<sup>2</sup> u záložníků, 13,56 kg/m<sup>2</sup> u obránců a 13,64 kg/m<sup>2</sup> u útočníků (Obrázek 35). Statisticky významné rozdíly byly u **BCMI** pouze mezi záložníky a ostatními herními posty ( $p < 0,005$ ; Příloha 29). Hodnota **BFMI** se průměrně pohybovala od 2,08 do 2,58 kg/m<sup>2</sup> (Obrázek 34). Rozdíly u **BFMI** byly statisticky významné mezi brankáři a ostatními herními posty ( $p = 0,0124$ ; Příloha 28).





**Obrázek 35.** Porovnání FFMI, BFMI a BCMI mezi herními posty

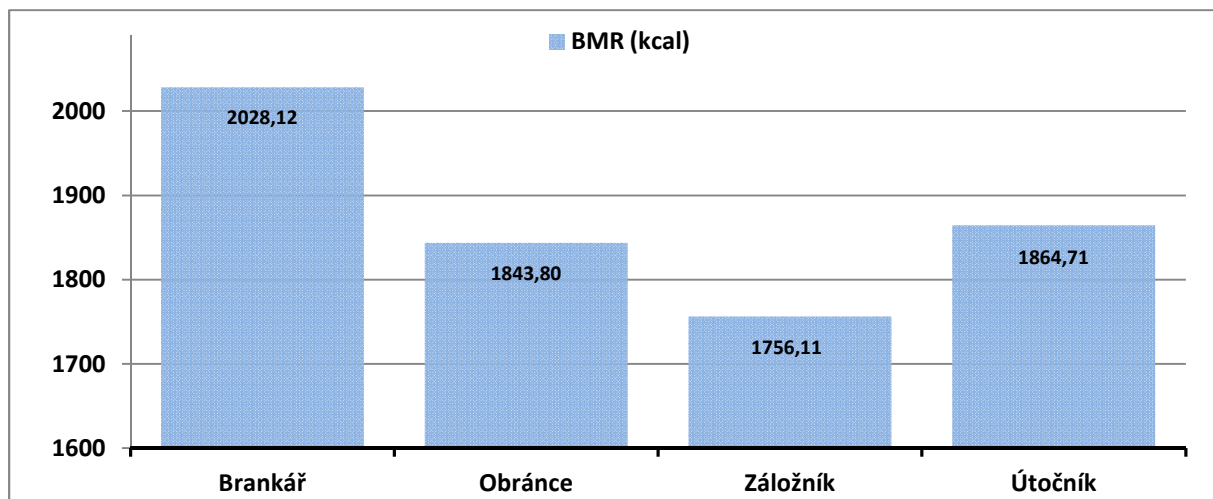
Poměr ECM/BCM byl v rozmezí 0,51–0,52 (Obrázek 36). Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi záložníky s brankáři, útočníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 31).



**Obrázek 36.** Poměr ECM/BCM u jednotlivých postů fotbalistů

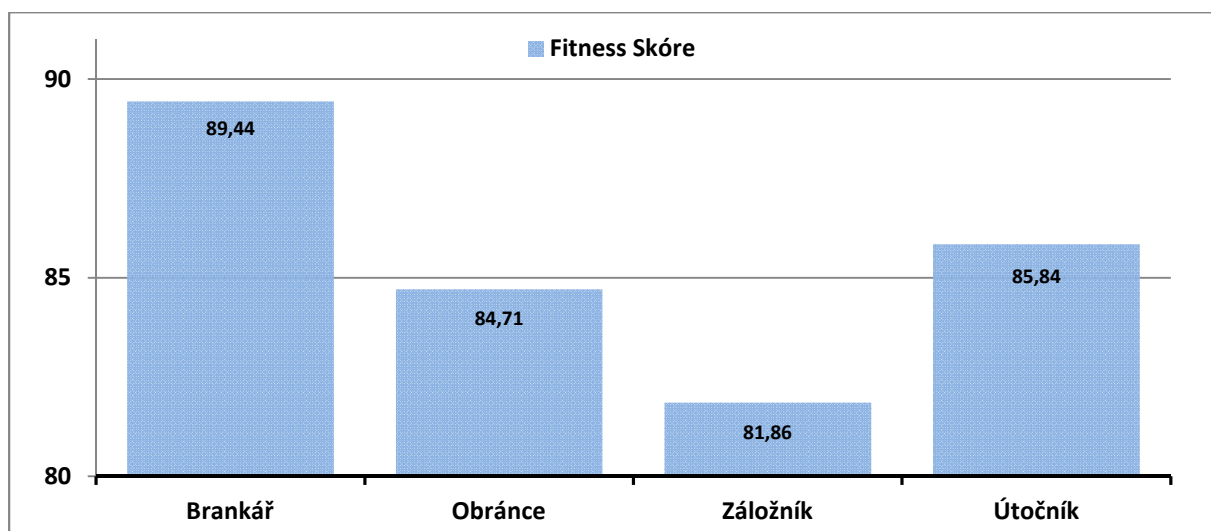
#### **Dodatečná data – BMR, Fitness Skóre**

Bazální metabolismus (BMR) byl u záložníků 1756,11 kcal, obránců 1843,80 kcal, útočníků 1864,71 kcal a brankářů 2028,12 kcal (Obrázek 37). Porovnání útočníků s obránci bylo bez významných rozdílů. Rozdíly mezi ostatními herními posty byly signifikantní ( $p < 0,005$ ; Příloha 32).



**Obrázek 37.** Porovnání BMR u hráčů fotbalu.

Fitness skóre se pohybovalo v rozmezí 81,86–89,44 (Obrázek 38). Srovnání s útočníků s brankáři a obránci se významně nelišilo. Rozdíly mezi ostatními herními posty byly statisticky významné ( $p < 0,005$ ; Příloha 33).



**Obrázek 38.** Porovnání Fitness Skóre u fotbalistů

### Rozdíly při rozdělení na krajní a střední posty

Při rozdělení hráčů záložní a obranné řady na ještě specifitější herní posty, tedy na střední obránce ( $n=59$ ), krajní obránce ( $n=35$ ), střední záložníky ( $n=58$ ) a krajní záložníky ( $n=56$ ), vycházely výsledky u většiny parametrů podobně. Průměrná **tělesná výška** byla nejnižší u krajních obránců (179,50 cm). Podobné tělesné výšky jako krajní obránci, dosahovali i střední záložníci a krajní záložníci, rozdíl byl v desetínách centimetrů. Významný rozdíl v tělesné výšce byl mezi středními obránci a krajními obránci, krajními

záložníky a středními záložníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 10). Nejnižší **tělesnou hmotnost** měli hráči krajní zálohy (69,52 kg), která byla srovnatelná s krajními obránci a středními záložníky. Signifikantní rozdíly v tělesné hmotnosti byly mezi středními obránci a středními záložníky, krajními záložníky a také mezi krajními záložníky a útočníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 11).

Hráči krajní zálohy dosahovali nejnižších hodnot ve všech sledovaných parametrech, s výjimkou tělesné výšky. Zároveň ve všech parametrech, s výjimkou BMI, FFMI, BCMI a Fitness Skóre, měli krajní obránci, střední záložníci a krajní záložníci srovnatelné hodnoty.

Sledované parametry **TBW, ICW, ECW, FFM, SMM, BCM, minerály, proteiny, BMR**, byly signifikantně rozdílné mezi středními obránci a krajními obránci, středními záložníky, krajními záložníky, také mezi krajními záložníky a útočníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 12–17, 20–22, 24). U parametrů FFMI, BCMI, BMI, Fitness Skóre, se statisticky významně lišili krajní záložníci a ostatní herní posty, také brankáři se středními záložníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 27, 29–30, 33).

Poměr **ECM/BCM**, který vyjadřuje poměr extracelulární hmoty k intracelulární hmotě, byl u hráčů zastoupen v rozmezí 0,51 až 0,52. Signifikantně se v tomto poměru lišili krajní záložníci v porovnání se středními obránci a také útočníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 31).

Množství tělesného tuku bylo nejnižší u krajních záložníků (6,24 kg; 8,94 %). V zastoupení tělesného tuku nebyly mezi krajními a středními hráči významné rozdíly ( $p < 0,005$ ; Příloha 18), v relativní zastoupení bylo také bez signifikantních rozdílů ( $p = 0,1692$ ; Příloha 19). K zastoupení tělesného tuku se vztahuje BFMI, který se pohyboval v rozmezí 1,94–2,58 kg/m<sup>2</sup>. Mezi středními a krajními hráči nebyly nalezeny signifikantní rozdíly ( $p = 0,0172$ ; Příloha 28).

Nejnižší zastoupení svaloviny u všech segmentů měli hráči na postu krajního záložníka. Signifikantní rozdíly v zastoupení svaloviny na trupu a pravé horní končetině byly nalezeny při porovnání středních obránců se středními a krajními záložníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 22, 24). Svalovina na levé horní končetině se významně lišila mezi středními obránci a krajními záložníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 23). V množství svaloviny na obou dolních končetinách měli významné rozdíly střední obránci v porovnání s krajními obránci, středními záložníky a krajními záložníky ( $p < 0,005$ ; Příloha 25,26).

## 6 DISKUZE

Pro podání maximálního sportovního výkonu je důležitým předpokladem optimální tělesné složení. Pravidelným monitorováním tělesného složení u sportovců můžeme sledovat vliv tréninkového procesu na zastoupení jednotlivých parametrů tělesného složení. To nám může pomoci k úpravě přípravy sportovce s cílem přiblížit se nebo vyrovnat se parametrům vrcholových sportovců v daném sportovním odvětví.

Dospěli jsme k podobným výsledkům jako Arnason, Sigurdsson, Gudmundson, Holme, Engebretsen a Bahr (2004) a Matković, Mišigoj-Duraković, Matković, Janković, Ružić, Leko a Kodrič (2003), kteří uvádějí, že se u hráčů fotbalu nachází signifikantní rozdíly v tělesném složení mezi různými herními posty. Většina rozdílů je pozorována mezi brankáři a ostatními hráči, z důvodu odlišných herních úkolů mezi těmito skupinami.

Nejvyšší tělesná výška a tělesná hmotnost byly zaznamenány u brankářů, nejnižší u záložníků. To je v souladu se studiemi Sporis, Jukic, Ostojic a Milanovic (2009), Sutton, Scott, Wallace a Reilly (2009) a Malá, Malý, Zahálka a Hráský (2015), kde měli hráči na postu brankáře nejvyšší tělesnou výšku a hmotnost, záložníci naopak nejnižší. Hráči FA Premier League, ve studii Sutton, Scott, Wallace a Reilly (2009), dosahovali průměrné tělesné výšky v rozmezí  $178 \pm 0,05$  až  $190 \pm 0,03$  cm a tělesné hmotnosti od  $78,0 \pm 5,8$  kg (záložníci) do  $91,2 \pm 4,6$  kg (brankáři). Při bližším porovnání tělesné hmotnosti s těmito hráči, musíme konstatovat, že hráči v anglické soutěži dosahovali na všech herních postech vyšší tělesné hmotnosti. Rozdíl byl přibližně 5–11 kg v závislosti na herním postu. Při srovnávání hráčů z pole měli obránci vyšší tělesnou výšku a hmotnost než záložníci, ale nelišili se od útočníků, stejně jako hráči u nás. Průměrná tělesná výška se může u hráčů fotbalu na různých herních postech lišit i v závislosti na národnosti hráčů. Srovnání s hráči z chorvatské soutěže ukazuje, že chorvatští fotbalisté měli celkově nižší tělesnou výšku než naši hráči (od 179,2 cm do 182,2 cm). Podle Reilly, Bangsbo a Franks (2000) se elitní fotbalové týmy vyznačují heterogenitou tělesné výšky. Hráči, kteří jsou vysocí, mají výhodu v určitých herních situacích, které jsou typické pro určitou herní pozici. Proto jsou vysocí hráči poté stavěni na určité herní pozice, především plní roli brankáře, středního obránce nebo centrálního útočníka. Z tohoto pohledu by tedy hráči na těchto pozicích měli mít vyšší tělesnou výšku než hráči v záložní řadě či krajních prostorech. Tomu odpovídají i naše výsledky při specifičtějším dělení hráčů na krajní a střední posty. Nejvyšší byli brankáři, dále střední obránci a útočníci.

Malá, Malý a Zahálka (2014) popisují monitorování tělesného složení fotbalistů jako prediktor fyzického výkonu, který je orientovaný na požadovanou aktivní složku a nežádoucí neaktivní složku. Aktivní složku (FFM, BCM a SMM) představuje celková hmotnost tělesných buněk. Buněčná hmota byla v naší práci u všech herních postů zastoupena ve vyšším množství v porovnání s doporučenými hodnotami (42,57–50,60 kg vs. 39,51–43,97 kg). Podle Gallagher, Visser, Wang, Harris, Pierson, & Heymsfield (1996) změny v zastoupení tukuprosté hmoty silně korelují s množstvím buněčné hmoty.

Absolutní zastoupení FFM bylo u všech herních postů v porovnání s doporučenými hodnotami vyšší. Zároveň jsme našli signifikantní rozdíly mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ), s výjimkou porovnání útočníků s obránci, v množství FFM. Avšak relativní zastoupení FFM bylo u našich hráčů srovnatelné, v rozmezí 89,24–90,73 %. Při detailnějším rozdělení hráčů dle specifických úloh na hřišti, byly v absolutním zastoupení FFM významné rozdíly mezi brankáři a ostatními herními posty, středními obránci a krajními obránci, středními a krajními záložníky a také mezi krajními záložníky a útočníky ( $p < 0,005$ ). Relativní zastoupení se nelišilo. Malá, Malý a Zahálka (2014) zjistili u juniorských elitních fotbalistů ve věku  $20,04 \pm 2,69$  let relativní zastoupení FFM téměř 90 %, což koresponduje s našimi daty.

Z pohledu kosterního svalstva měli hráči na všech postech vyšší zastoupení v porovnání s doporučenými hodnotami. Svým percentuálním zastoupením okolo 52 % dosahovali hráči hodnot relativního zastoupení SMM, jako sportovci rychlostně silových disciplín (Ulbrichová, 1984). Podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) má běžná dospělá populace okolo 40 % SMM. Můžeme tedy sledovat vysoký podíl aktivní složky tělesného složení (FFM, BCM i SMM).

Tělesný tuk je považován za nežádoucí složku tělesného složení. U hráčů se pohyboval v rozmezí 6,69–9,27 kg (9,19 % až 10,78 %). Tyto hodnoty byly v porovnání s doporučeným zastoupením tělesného tuku nižší (od 10,69 % do 11,89 %). Autoři Melchiorri, Monteleone, Andreoli, Callà, Sgroi a de Lorenzo (2007) uvádějí, že relativní zastoupení tělesného tuku v italské Divizi 1, bylo:  $8,9 \pm 2,4$  % u obránců,  $13,5 \pm 4,3$  % u záložníků a  $15,3 \pm 1,7$  % u útočníků. Pro hráče italské Divize 3 uvádějí hodnoty v rozmezí 11 % až 12,3 % tělesného tuku. Matković, Mišigoj-Duraković, Matković, Janković, Ružić, Leko a Kodrič (2003) dospěli k mnohem vyššímu relativnímu zastoupení. Chorvatští hráči měli tělesný tuk v rozmezí 13,9 % u obránců až 20,2 % u brankářů. Podle Michailidis, Michailidis, Primpa,

Fatouros, Margonis, Chatzinikolaou, Douroudos, Draganidis a Methenitis (2013) dosahují nejnižšího zastoupení tělesného tuku střední obránci a útočníci. Můžeme vidět, že většina studií měla nejnižší procentuální zastoupení tělesného tuku u obránců. U nás byly hodnoty hráčů v poli srovnatelné (bez signifikantních rozdílů) při rozdělení na 4 i 6 herních postů. Nejvyšší zastoupení tělesného tuku u nás bylo shledáno u brankářů. V porovnání s běžnou populací mají hráči fotbalu nižší relativní zastoupení (Heyward & Wagner, 2004). Vicente-Rodriguez, Ara, Perez-Gomez, Serrano-Sanchez, Dorado a Calbet (2004) tvrdí, že nižší relativní zastoupení tělesného tuku souvisí s dlouhodobým tréninkovým procesem, což má za následek zlepšení fyzické kondice, vyšší zastoupení kostní hmoty a nižší hromadění tělesného tuku.

S vysokým podílem tukuprosté hmoty a svalové hmoty, nízkým zastoupení tělesného tuku může souviset vyšší zastoupení celkové tělesné vody, extra- a intracelulární vody. V porovnání s referenčními hodnotami byla veškerá voda u všech herních postů ve vyšším zastoupení. Signifikantně se lišili všechny herní posty s výjimkou porovnání obránců s útočníky, respektive brankáři a ostatní herní posty, střední obránci s krajními obránci, krajními i středními záložníky a dále krajní záložníci a útočníci ( $p < 0,005$ ). Malá, Malý a Zahálka (2014) zjistili u juniorských fotbalistů 47,79 l (téměř 64 %) celkové tělesné vody. U našich hráčů bylo v rozmezí 46,93 l u záložníků až 56,09 l u brankářů. Procentuální zastoupení od 65,20 % do 66,42 % tělesné hmotnosti. Torres-Luque, Calahorro-Cañada, Lara-Sánchez, Garatachea a Nikolaidis (2015) měřili hráče v kategorii U18. Zastoupení ICW bylo  $28,30 \pm 2,68$  l (brankáři),  $30,08 \pm 2,16$  l (obránci),  $27,56 \pm 1,64$  l (záložníci) a  $28,90 \pm 2,97$  l (útočníci). Extracelulární voda byla zastoupena od 16,75 l u záložníků do 17,80 l u obránců. Botek, Gába, Lehnert, Přidalová, Vařeková, Botek a Langer (2010) dospěli u hráčů U19 k množství 31,67 l ICW a 18,29 l ECW, bez dělení hráčů na herní posty. U našich hráčů bylo zastoupení ICW (29,73–35,33 l) i ECW (17,20–20,77 l) vyšší než u U18 a srovnatelné s U19. Vyšší zastoupení vodních součástí tělesného složení v porovnání s U18, může být spojeno s vyšším množstvím svalové hmoty našich hráčů. Při rozlišení hráčů na střední a krajní, bylo zastoupení TBW ICW a ECW u krajních hráčů a středních záložníků srovnatelné s hráči U18, středních obránců a útočníků s hráči U19.

Množství proteinů (12,85–15,27 kg) a minerálů (od 4,39 kg do 5,40 kg) bylo u všech herních postů vyšší než doporučené hodnoty (11,93 kg až 13,26 kg proteiny, 4,12–4,58 kg minerály). Vyšší zastoupení souvisí s vyšším množstvím SMM. Botek, Gába, Lehnert, Přidalová, Vařeková, Botek a Langer (2010) zjistili u hráčů kategorie U19 průměrné

zastoupení proteinů 13,69 kg a minerálů 4,61 kg, bez dělení na herní posty. Torres-Luque, Calahorro-Cañada, Lara-Sánchez, Garatachea a Nikolaidis (2015) v kategorii U18 popisují průměrné zastoupení proteinů 12,20 kg u brankářů, 13,00 kg u obránců, 11,92 kg u záložníků a 12,50 kg u útočníků. Minerály v jejich studii byly v rozmezí 4,12 až 4,45 kg. U nás jsou proteiny a minerály nejvíce zastoupeny u brankářů. Signifikantně se lišilo porovnání všech postů ( $p < 0,005$ ) s výjimkou obránců s útočníky. Pokud porovnáme hráče z pole, je zastoupení proteinů a minerálů podobné jako u hráčů U18 i U19.

Podle Malé, Malého, Zahálky a Hráského (2015) nám segmentální analýza může sloužit k porovnání zastoupení svalové hmoty v jednotlivých segmentech, ale také svalové nerovnováhy končetin. Asymetrie podle nich může vést k zvýšenému riziku zranění, proto by mělo být využíváno hodnocení segmentálního zastoupení svalové hmoty k doporučení kompenzačních cvičení.

Štíhlá hmota byla zastoupena na pravé horní končetině v rozmezí 3,48–4,40 kg, levé horní končetině od 3,47 kg do 4,31 kg, trupu 27,30 kg až 32,46 kg, pravé dolní končetině v rozmezí od 10,31 kg do 12,17 kg a levé dolní končetině 10,23–12,10 kg. Signifikantně se lišily všechny herní posty ( $p < 0,005$ ), pouze obránci v porovnání s útočníky byly bez rozdílů. Zajímavější je však pohled na procentuální zastoupení štíhlé hmoty jednotlivých segmentů a porovnání s doporučenými hodnotami. U hráčů zastávajících post obránce a záložníka byla průměrná doporučená hodnota vyšší než průměrné procentuální zastoupení štíhlé hmoty na všech segmentech. Při rozdělení hráčů na krajní a střední posty, mají všechny tyto posty nižší procentní zastoupení svaloviny na všech segmentech v porovnání s doporučenými hodnotami. Způsobeno to může být velkým rozsahem procentuálního zastoupení štíhlé tělesné hmoty na jednotlivých segmentech v porovnání s menším rozsahem u doporučených hodnot.

U obránců byl rozsah procentuálního zastoupení na pravé horní končetině 77,43–125,40 %, doporučené hodnoty pouze 90,92 % až 122,51 %. Na levé horní končetině bylo zjištěno procentuální zastoupení štíhlé hmoty od 79,11 % do 129,81 % v porovnání s doporučenou hodnotou v rozmezí 92,51–126,39 %. Procentuální zastoupení svaloviny na trupu bylo od 84,82 % do 117,50 %, doporučené hodnoty v rozmezí 94,84 % až 114,47 %. Na pravé dolní končetině bylo procentní zastoupení LBM 96,74–122,74 %, doporučená hodnota od 101,52 % do 122,12 %. Procentní zastoupení štíhlé hmoty na levé dolní končetině bylo v rozmezí 96,51 % až 120,61 % v porovnání s doporučenými hodnotami 100,04–121,40 %. Pokud bychom hodnotili jednotlivé hráče na postu obránce, hráči s procentuálním zastoupením LBM na

horních končetinách pod 80 % měli podprůměrné zastoupení, nad 120 % naopak nadprůměrné. Procentuální zastoupení svaloviny na trupu a dolních končetinách se má pohybovat v rozmezí 90 % až 110 %. Můžeme tedy říci, že mezi obránci byli hráči s podprůměrným i nadprůměrným procentuálním zastoupením štíhlé hmoty.

Podobně na tom byli s procentním zastoupením svaloviny na jednotlivých segmentech i záložníci. Procentní LBM na pravé horní končetině 80,94 % až 124,26 %, na levé horní končetině 81,14–127,17 %. Doporučené hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 85,18 % do 119,77 % na pravé a 86,59–123,13 % na levé dolní končetině. Na trupu bylo procentuální zastoupení svaloviny od 87,67 % do 117,84 %, doporučená hodnoty se pohybovalo v rozmezí 92,22 % až 113,20 %. Na dolních končetinách bylo relativní zastoupení štíhlé hmoty 93,10–120,34 % (pravá) a od 93,06 % do 120,26 % (levá). Oproti tomu byly doporučené hodnoty procentního zastoupení štíhlé hmoty na dolních končetinách stanoveny pro hráče na pravé v rozmezí 101,21 % až 127,69 % a na levé 99,80–127,31 %. Opět můžeme sledovat, že hodnoty některých hráčů se pohybovaly pod nebo nad normálními hodnotami (80–120 % horní končetiny, 90–110 % trup a dolní končetiny).

V běžné praxi se pro stanovení nadváhy či obezity využívá BMI, který však nemusí být pro sportovní populaci vhodný, protože nerozlišuje hmotnost tělesného tuku a tukuprosté hmoty. Průměrné BMI u jednotlivých herních postů bylo následující: 23,89 kg/m<sup>2</sup> brankáři, 22,63 kg/m<sup>2</sup> obránci, 21,92 kg/m<sup>2</sup> záložníci a 22,75 kg/m<sup>2</sup> útočníci. Významné rozdíly v BMI byly mezi brankáři, obránci a záložníky a také mezi záložníky a útočníky ( $p < 0,005$ ). Podle WHO (2016) je pro normální hmotnost stanoveno rozmezí BMI od 18,50 kg/m<sup>2</sup> do 24,99 kg/m<sup>2</sup>. U všech našich hráčských postů máme tedy normální hmotnost stanovenou na základě BMI.

BFMI bývá využíván pro hodnocení optimální tělesné hmotnosti. Za doporučené hodnoty se považuje u mužské populace velikost BFMI 1,8 až 5,1 kg/m<sup>2</sup>. U našich fotbalistů byly zjištěny průměrné hodnoty na spodní hranici bezpečného pásma, konkrétně od 2,08 kg/m<sup>2</sup> do 2,58 kg/m<sup>2</sup>, kdy brankáři měli významně vyšší BFMI než ostatní herní posty ( $p = 0,0124$ ). Ostatní herní posty měli BFMI srovnatelný. Pro vyjádření podvýživy či rozvoje tukuprosté hmoty se využívá FFMI. Za ideální hodnotu FFMI je považováno rozmezí 16,7–19,85 kg/m<sup>2</sup>. U našich hráčů byl tento index vyšší (19,85 kg/m<sup>2</sup> až 21,31 kg/m<sup>2</sup>), což je způsobeno vysokým zastoupením tukuprosté hmoty. BCMI slouží k vyjádření tělesné zdatnosti jedince, normální hodnoty pro muže se pohybují v rozmezí 10,61±2,18 kg/m<sup>2</sup>. Hráči měli BCMI vyšší,



konkrétně od 13,17 kg/m<sup>2</sup> do 14,05 kg/m<sup>2</sup>. To souvisí s vyšším zastoupením BCM. Bunc (2006) dodává, že s vysokým zastoupením BCM pozitivně koreluje aerobní kapacita.

Průměrné hodnoty poměru ECM/BCM se pohybují v rozmezí 0,85–1,0. Čím nižší je hodnota poměru, tím více tukuprosté hmoty daný jedinec má (Talluri, Liedtke, Evangelisti, Talluri, & Maggia, 1999). Naši hráči měli tento poměr v rozmezí 0,51–0,52. To poukazuje na vysoké zastoupení tukuprosté hmoty a její využitelnost pro svalovou práci. S tím souhlasí i Bunc (2006) a dodává, že čím nižší je poměr ECM/BCM, tím jsou lepší predispozice k tělesnému cvičení. Zároveň popisuje tento parametr jako rozhodující pro sportovní disciplíny, které vyžadují vysoký výkon, jako například vytrvalostní běh, běh na lyžích, apod. Důvodem je vztah negativní korelace mezi poměrem ECM/BCM a aerobní kapacitou. Nižší poměr ECM/BCM znamená inklinaci k vyššímu VO<sub>2max</sub>. Pro porovnání, hráči U19 ve studii Malé, Malého, Zahálky a Hráského (2015) dosahovali v poměru ECM/BCM rozmezí 0,71 až 0,75.

Bazální metabolismus byl nejnižší u záložníků (1756,11 kcal), respektive krajních záložníků (1736,77 kcal). Nejvyšší průměrný bazální metabolismus byl stanoven u brankářů (2028,12 kcal). Velikost BMR souvisí s množstvím SMM (Stewart & Sutton, 2012).

Fitness skóre využívají přístroje firmy Biospace především pro motivaci klientů se zlepšovat. U našich hráčů bylo nejnižší průměrné fitness skóre 81,86 bodů u záložníků, nejvyšší průměrné fitness skóre 89,44 bodů u brankářů. Podle Biospace (2004a) je za normální, zdravý typ považována osoba s fitness skóre v rozmezí 70–90 bodů. Svými průměrnými hodnotami fitness skóre patří do tohoto pásma všechny herní posty. Pokud bychom hodnotili jednotlivé hráče, patřili by někteří z nich do kategorie atletický typ (nad 90 bodů).

Z důvodu velkého rozptylu v některých parametrech tělesného složení u herních postů (především u záložníků), by bylo lepší srovnávat komponenty tělesného složení našich hráčů s elitními světovými hráči, kteří nastupují na stejném postu, jednotlivě. Tak bychom mohli vidět nedostatky v porovnání s nejlepšími světovými hráči a pravidelným monitorováním tělesného složení mohli pozorovat, zda se působením tréninkového zatížení blíží k těmto hráčům.

## 7 ZÁVĚRY

Na základě analýzy vybraných parametrů tělesného složení jsme došli k závěru, že soubory hráčů, vytvořených na základě herních postů, byly rozdílné především v absolutních hodnotách. Nejvíce se z pohledu téměř všech parametrů lišili brankáři od ostatních hráčů. Obránci a útočníci měli velmi podobné hodnoty jednotlivých parametrů tělesného složení. Relativní zastoupení vybraných parametrů bylo mezi herními posty srovnatelné, s výjimkou segmentální analýzy.

Nejvyšší tělesné výšky a tělesné hmotnosti dosahovali mezi všemi herními posty brankáři. Nejnížší tělesnou výšku měli záložníci, respektive krajní obránci. Hráči s nejnižší tělesnou hmotností byli krajní záložníci.

Z pohledu herních postů bylo nejvyšší množství celkové tělesné vody, extracelulární vody a intracelulární vody determinováno u brankářů, nejnižší u hráčů záložní řady. Při porovnání krajních a středních hráčů bylo nejnižší množství celkové tělesné vody, extra- a intracelulární vody u krajních záložníků.

Nejnižšího množství tukuprosté hmoty, kosterního svalstva a buněčné hmoty mezi herními posty dosahovali krajní záložníci, nejvyššího brankáři. Relativní zastoupení tukuprosté hmoty a kosterního svalstva bylo nejnižší u brankářů a nejvyšší u útočníků. Při dělení hráčů na střední a krajní posty dosahovali nejvyššího relativního zastoupení tukuprosté hmoty a kosterního svalstva krajní záložníci.

Nejvyšší absolutní množství tělesného tuku bylo nalezeno u brankářů, nejnižší u krajních záložníků. V relativním zastoupení bylo nejvyšší zastoupení tělesného tuku u brankářů, nejnižší u útočníků, respektive krajních záložníků.

Mezi herními posty měli nejvyšší množství proteinů a minerálů brankáři, nejnižší hráči zastávající post krajního záložníka.

Nejvyššího absolutního i relativního zastoupení svaloviny na všech jednotlivých segmentech dosahovali brankáři, nejnižšího krajní záložníci.

Hodnoty všech indexů tělesného složení byly mezi herními posty nejvyšší u brankářů, nejnižší u krajních záložníků.

Mezi herními posty dosáhly nejvyšší hodnoty bazálního metabolismu a fitness skóre hráči na postu brankáře, nejnižších hodnot krajní záložníci.

V porovnání s doporučenými hodnotami měli hráči na všech herních postech více celkové tělesné vody, intra- a extracelulární vody, kosterního svalstva, buněčné hmoty. Zastoupení tělesného tuku bylo nižší než doporučené hodnoty. U segmentální analýzy měli brankáři a útočníci vyšší procentní zastoupení štíhlé tělesné hmoty než doporučené zastoupení. Obránci a záložníci naopak nižší relativní zastoupení štíhlé tělesné hmoty v porovnání s doporučenými hodnotami. To platí i při detailnějším dělení obránců a záložníků.

Hráči na všech postech měli vyšší fat-free mass index a body cell mass index v porovnání s doporučenou hodnotou. Body fat mass index byl ve spodní části doporučeného rozmezí. Poměr extracelulární hmoty a buněčné hmoty byl nižší než hodnota běžné populace, to představuje lepší předpoklady k aerobní výkonnosti a aerobní kapacitě organismu.

## 8 SOUHRN

Cílem diplomové práce byla determinace tělesného složení u fotbalistů dle herních postů. K odhadu tělesného složení byla využita metoda bioelektrická impedanční analýza, konkrétně multifrekvenční přístroj InBody 720.

V teoretické části se práce zabývá fotbalem, jeho fyziologickými aspekty, aerobními a anaerobními požadavky na hráče, dále energetickým, respiračním, kardiovaskulárním a svalovým systémem. Z pohledu tělesného složení se práce zabývá především bioelektrickou impedanční analýzou, její historií, principy měření, přístroji. Závěrečná část teoretických poznatků poskytuje informace o tělesné vodě, tělesném tuku a tukuprosté hmotě.

Výzkumný soubor tvořilo celkem 271 hráčů, kteří byli rozděleni podle herních postů. U všech hráčů byla provedena analýza tělesného složení přístrojem InBody 720. Počet měřených probandů byl na jednotlivých herních postech následující: brankáři (n=18), obránci (n=94), záložníci (n=114) a útočníci (n=45). Obránci byli tvořeni středními (n=59) a krajními (n=35) obránci. Střední záložníci (n=58) a krajní záložníci (n=56) tvořili záložní řadu. Průměrná tělesná výška brankářů byla 189,72 cm při tělesné hmotnosti 86,03 kg. Obránci dosahovali průměrné tělesné výšky 182,34 cm a tělesné hmotnosti 75,35 kg. U záložníků byla průměrná tělesná výška 179,67 cm a tělesná hmotnost 70,86 kg. Útočníci měli tělesnou výšku 182,88 cm při tělesné hmotnosti 76,27 kg. Významné rozdíly v tělesné výšce byly shledány mezi brankáři a ostatními herními posty a také mezi obránci a záložníky ( $p < 0,005$ ). Podobnou tělesnou hmotnost měli obránci a útočníci. Mezi ostatními herními posty byly v tělesné hmotnosti významné rozdíly ( $p < 0,005$ ). Při rozdělení hráčů na střední a krajní hráče byly signifikantní rozdíly v tělesné výšce mezi brankáři a ostatními herními posty, také středními obránci a krajními obránci, středními záložníky a krajními záložníky ( $p < 0,005$ ). Při tomto dělení byly signifikantní rozdíly v tělesné hmotnosti stejné jako u tělesné výšky, avšak navíc se významně lišili krajní záložníci a útočníci ( $p < 0,005$ ).

Celková tělesná voda byla zastoupena od 46,93 l (65,20 %) do 56,09 l (66,42 %). Rozdíl v zastoupení celkové tělesné vody byl 9,16 l, ale pouze 1,22 %. Množství nitrobuněčné vody bylo v rozmezí 29,73 l (41,07 %) až 35,33 l (41,96 %). Rozdíl v zastoupení nitrobuněčné vody byl 5,60 l (0,89 %). Mimobuněčná hmota byla v množství od 17,20 l (24,14 %) do 20,77 l (24,60 %). Rozdíl v zastoupení extracelulární vody byl 3,57 l (0,46 %). Signifikantní rozdíly v absolutním zastoupení TBW, ICW a ECW byly mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ), pouze porovnání obránců s útočníky bylo bez statisticky významných rozdílů.

Tukuprostá hmota byla nejvíce zastoupena u brankářů a nejméně u záložníků, hodnoty hráčů se pohybovaly v rozmezí od 64,17 kg (89,24 %) do 76,77 kg (90,73 %). Rozdíl v množství tukuprosté hmoty byl 12,60 kg (1,49 %). Kosterní svalstvo bylo nejméně zastoupeno u záložníků (36,77 kg) a nejvíce u brankářů (44,07 kg). Procentní zastoupení SMM se pohybovalo v rozmezí 51,23 % až 51,93 %, nejvíce u útočníků, nejméně u brankářů. Rozdíl v rozvoji kosterního svalstva byl 7,3 kg (0,70 %). Buněčná hmota byla zastoupena v množství 42,57–50,60 kg. Rozdíl v zastoupení buněčné hmoty mezi herními posty byl velmi vysoký 8,03 kg. V absolutním zastoupení FFM, SMM a BCM byly signifikantně rozdílné hodnoty všech herních postů ( $p < 0,005$ ), pouze porovnání obránců s útočníky bylo bez významných rozdílů.

Množství tělesného tuku se pohybovalo v rozmezí 6,69 kg (9,19 %) až 9,27 kg (10,78 %). Rozdíl v rozvoji tělesného tuku byl 2,58 kg (1,59 %). Signifikantní rozdíly byly v absolutním množství tělesného tuku nalezeny pouze mezi brankáři a ostatními herními posty ( $p < 0,005$ ). Relativní zastoupení tělesného tuku bylo bez významných rozdílů mezi herními posty ( $p = 0,0932$ ).

Proteiny byly u hráčů zastoupeny v množství od 12,85 kg do 15,27 kg, což jsou vyšší hodnoty než doporučené (11,93–13,26 kg). Rozdíl v zastoupení proteinů mezi herními posty byl 2,42 kg. Množství minerálů v rozmezí 4,39 kg až 5,40 kg bylo u hráčů vyšší než doporučené hodnoty 4,12–4,58 kg. Rozdíl v zastoupení minerálů byl 1,01 kg. Proteiny a minerály byly nejvíce zastoupeny u hráčů na postu brankáře, nejméně u krajních záložníků. Signifikantní rozdíly v zastoupení proteinů a minerálů byly mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ), pouze obránci a útočníci měli hodnoty srovnatelné.

Zastoupení štíhlé tělesné hmoty jednotlivých segmentů bylo následující: 3,48–4,40 kg (104,33 % až 118,01 %) pravá horní končetina, 3,47–4,31 kg (104,30 % až 115,53 %) levá horní končetina, 27,30 kg (101,36 %) až 32,46 kg (108,06 %) trup, od 10,31 kg (108,33 %) do 12,17 kg (115,06 %) pravá dolní končetina a od 10,23 kg (107,52 %) do 12,10 kg (114,40 %) levá dolní končetina. Rozdíl v zastoupení štíhlé tělesné hmoty byl na pravé horní končetině 0,92 kg (13,68 %), levé horní končetině 0,84 kg (11,23 %), trupu 5,16 kg (6,70 %), pravé dolní končetině 1,86 kg (6,73 %) a levé dolní končetině 1,87 kg (6,88 %). U všech segmentů měli nejvíce štíhlé tělesné hmoty brankáři, nejméně záložníci (krajní záložníci). Významné rozdíly byly u všech segmentů mezi všemi herními posty ( $p < 0,005$ ). Pouze obránci a útočníci měli srovnatelné zastoupení štíhlé tělesné hmoty.

Relativní zastoupení štíhlé tělesné hmoty na jednotlivých segmentech bylo u brankářů a útočníků vyšší než u doporučených hodnot. U obránců a záložníků bylo procentní zastoupení štíhlé tělesné hmoty nižší než doporučené hodnoty na všech segmentech. Ke stejným výsledkům jsme došli i při dělení hráčů na krajní a střední hráče.

Hodnoty FFMI nabývaly rozmezí 19,85–21,31 kg/m<sup>2</sup>. Tyto průměrné hodnoty přesahují doporučené hodnoty běžné mužské populace (16,7–19,8 kg/m<sup>2</sup>). Také BCMI byl vyšší u hráčů (13,17 kg/m<sup>2</sup> až 14,05 kg/m<sup>2</sup>) než doporučené hodnoty (10,61±2,18 kg/m<sup>2</sup>). Nejnižších hodnot FFMI a BCMI dosahovali záložníci (krajní záložníci), nejvyšších naopak brankáři. Statisticky významné rozdíly byly v FFMI a BCMI mezi záložníky a ostatními herními posty ( $p < 0,005$ ). Vyjádřený BFMI se pohyboval od 2,08 kg/m<sup>2</sup> u záložníků do 2,58 kg/m<sup>2</sup> u brankářů. Za doporučené hodnoty je považováno pásmo 1,8 až 5,1 kg/m<sup>2</sup>. Hodnoty hráčů BFMI tedy patří do dolní části doporučeného pásma. BFMI se signifikantně lišil pouze mezi brankáři a ostatními herními posty ( $p = 0,0124$ ).

Poměr extracelulární hmoty a buněčné hmoty se u hráčů pohyboval v rozmezí 0,51–0,52. Poměr ECM/BCM hráčů byl v porovnání s hodnotami běžné populace nižší (0,85 až 1,0). Signifikantně se liší hodnoty poměru ECM/BCM při porovnání záložníků s brankáři a útočníky ( $p < 0,005$ ).

Hlavní cíl i dílčí cíle diplomové práce byly splněny. Hypotézy H<sub>1</sub>–H<sub>4</sub> byly potvrzeny.

## 9 SUMMARY

The aim of the thesis was the determination of body composition soccer players according the playing position. The estimation of body composition method was used bioelectrical impedance analysis, concretely multi-instrument device InBody 720.

The theoretical part deals with soccer, its physiological aspects, aerobic and anaerobic demands on players, as well as energy, respiratory, cardiovascular and muscular system. In terms of body composition, the work deals mainly with bioelectrical impedance analysis, its history and the principles of measurement devices. The final part of the theoretical knowledge provides information about the total body water, body fat and fat free mass.

The research sample consisted of 271 players who were divided by gaming positions. All players were analyzing the device InBody 720. Number of measured players at the different playing positions was following: goalkeepers (n=18), defenders (n=94), midfielders (n=114) and forwards (n=45). The defenders were formed by the central (n=59) and external (n=35) defenders. The midfielders were formed by the central (n=58) and external (n=56) midfielders. Goalkeepers had body height 189,72 cm and body weight 86,03 kg. Defenders achieve average body height of 182,34 cm and weight 75,35 kg. The midfielders was 179,67 cm tall and 70,86 kg heavy. The attackers had body height 182,88 cm and body weight 76,27 kg. Significant differences in body height were found between keepers and other playing positions and also between the defenders and midfielders ( $p < 0,005$ ). A similar body weight were defenders and attackers. Among other playing positions were in weight gain significant differences ( $p < 0,005$ ). When the distribution of players on the central and external players were significant differences in body height between goalkeepers and other playing positions, next central defenders and external defenders, central midfielders, external midfielders ( $p < 0,005$ ). In this separation were significant differences in body weight as well as the body height, but additionally significantly differed external midfielders and forwards ( $p < 0,005$ ).

Total body water was represented from 46,93 liters (65,20 %) to 56,09 liters (66,42 %). The difference in representation of total body water was 9,16 liters, but only 1,22 %. Intracellular amount of water was in the range from 29,73 liters (41,07 %) to 35,33 liters (41,96 %). The difference in representation of intracellular water was 5,60 liters (0,89 %). Extracellular matter was in an amount from 17,20 liters (24,14 %) to 20,77 liters (24,60 %). The difference in representation extracellular water was 3,57 liters (0,46 %). Significant

differences in absolute representation TBW, ICW and ECW were in all playing positions ( $p < 0,005$ ), only comparison of defenders with attackers was without significant differences.

Fat-free mass was the most represented in goalkeepers and least in midfielders, values of players ranged from 64,17 kg (89,24 %) to 76,77 kg (90,73 %). The difference in the amount of fat-free mass was 12,60 kg (1,49 %). Skeletal muscle mass was the least represented in midfielders (36,77 kg), and most in goalkeepers (44,07 kg). Percentage SMM ranged from 51,23 % to 51,93 %, the highest in the attackers and least in goalkeepers. The difference in the development of skeletal muscle mass was 7,3 kg (0,70 %). The body cell mass was represented in the amount from 42,57 to 50,60 kg. The difference in representation in body cell mass between the playing positions was very high 8,03 kg. Significant differences in absolute representation of FFM, SMM and BCM were between all playing positions ( $p < 0,005$ ), only comparison defenders and forwards was without significant differences.

Body fat mass was ranged from 6,69 kg (9,19 %) to 9,27 kg (10,78 %). The difference in the development of body fat mass was 2,58 kilograms (1,59%). Significant differences were in absolute amount of body fat mass found only between goalkeepers and other playing positions ( $p < 0,005$ ). Percent body fat were without significant differences between the playing positions ( $p = 0,0932$ ).

Protein mass was represented in players in amount from 12,85 kg to 15,27 kg, which is higher value than the recommended value (from 11,93 to 13,26 kg). The difference in representation in protein mass between playing positions was 2,42 kg. The amount of mineral mass was in the range from 4,39 kg to 5,40 kg, values in the players were higher than the recommended values from 4,12 to 4,58 kg. The difference in representation of mineral mass was 1,01 kg. Protein mass and mineral mass were the most represented in the goalkeeper, and least external midfielders. Significant differences in the representation of protein mass and mineral mass were among the all playing positions ( $p < 0,005$ ), only the defenders and attackers have comparable values.

Representation of soft lean mass of individual segments was as follows: from 3,48 to 4,40 kilograms (104,33 % to 118,01 %) right upper limb, from 3,47 to 4,31 kg (104,30 % to 115,53 %) left upper limb, from 27,30 kg (101,36 %) to 32,46 kg (108,06 %) trunk, from 10,31 kg (108,33 %) to 12,17 kg (115,06 %) right leg and from 10,23 kg (107,52 %) to 12,10 kg (114,40 %) left leg. The difference in the representation of soft lean mass was on the right upper limb 0,92 kg (13,68 %), left upper limb 0,84 kg (11,23 %), trunk 5,16 kg (6,70 %), right



leg 1,86 kg (6,73 %) and left leg 1,87 kg (6,88 %). All segments had the most soft lean mass in goalkeepers, least in midfielders (external midfielders). Significant differences were in all segments among all playing positions ( $p < 0,005$ ). Only defenders and attackers had comparable representation of soft lean mass.

The relative proportion of soft lean mass in the individual segments were higher in goalkeepers and forwards than the recommended value. For the defenders and midfielders were the percentage of soft lean mass lower than the recommended values for all segments. The same results we got in distribution of players on the external and central playing positions.

Values of FFMI was ranging from 19,85 to 21,31  $\text{kg}/\text{m}^2$ . These average values exceed the reference values of normal male population (16,7 to 19,8  $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Also values of BCMI was higher in players (from 13,17  $\text{kg}/\text{m}^2$  to 14,05  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) than the recommended value ( $10,61 \pm 2,18 \text{ kg}/\text{m}^2$ ). Average values of FFMI and BCMI were lowest in midfielders (external midfielders), the highest values in goalkeepers. Statistically significant differences were in FFMI and BCMI between midfielders and other playing positions ( $p < 0,005$ ). Expressed value of BFMI were ranged from 2,08  $\text{kg}/\text{m}^2$  in midfielders to 2,58  $\text{kg}/\text{m}^2$  in goalkeepers. The recommended values of BFMI are from 1,8 to 5,1  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Values of FFMI in all players belong to the lower part of recommended values. Values of BFMI were significantly differed only between goalkeepers and other playing positions ( $p = 0,0124$ ).

The ratio of extracellular mass and body cell mass of players ranged from 0,51 to 0,52. The ratio of ECM/BCM players compared with values of general population is lower (from 0,85 to 1,0). Values of ratio ECM/BCM are significantly different, when we compared midfielders with goalkeepers and forwards ( $p < 0,005$ ).

Objectives of the thesis have been met. Hypothesis  $H_1$ – $H_4$  were confirmed.

## 10 Referenční seznam

- Akern (2014a). Akern BIA 101. Retrieved 31. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.smt-medical.com/en/products/akernbioimpedance-measuring-devices/bia-101.html>.
- Akern (2014b). Akern BIA 101 Anniversary. Retrieved 31. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.smt-medical.com/en/products/akernbioimpedance-measuring-devices/bia-101-anniversary.html>.
- Akern (2014c). BodyComp MF Hexa. Retrieved 31. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.smt-medical.com/en/products/akernbioimpedance-measuring-devices/bodycomp-mf-hexa.html>.
- Al-Hazzaa, H. M., Almuzaini, K. S., Al-Refae, S. A., Sulaiman, M. A., Dafterdar, M. Y., Al-Ghamedi, A., & Al-Kuhraiji, K. N. (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(1), 54–61.
- Allison, D. B., Gallagher, D., Heo, M., Pi-Sunyer, F. X., & Heymsfield, S. B. (1997). Body mass index and all-cause mortality among people age 70 and over: Longitudinal study of aging. *International Journal of Obesity*, 21, 424–431.
- Andreoli, A., Melchiorri, G., Di Marco, A., Volpe, S. L., Garofano, P., Di Daniele, N., & De Lorenzo, A. (2003). Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetol.*, 40, 122–125.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical Fitness, Injuries, and Team Performance in Soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2), 278–85.
- Bangsbo, J. (2014). Physiological demands of football. *Sports Science Exchange*, 27(125), 1–6.
- Barbosa-Silva, M. C. G., & Barros, A. J. D. (2005). Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8, 311–317.

- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., Garry, P. J., & Lindeman, R. D. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*, *147*, 755–763.
- Biospace (2004a). Results interpretation and application. Retrieved 23. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/soubory/katalogy-anglicky/results-interpretation-application.pdf>.
- Biospace (2004b). What is body composition analysis. Retrieved 18. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/soubory/katalogy-anglicky/what-is-body-composition-analysis.pdf>.
- Biospace (2005). Software Lookin Body. Retrieved 28. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/soubory/pdf/lookin-body-cz.pdf>.
- Biospace (2009a). Biospace. Retrieved 22. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/biospace.php>.
- Biospace (2009b). InBody 230. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/inbody-230-pb2.php>.
- Biospace (2009c). InBody 370. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/inbody-370-pb16.php>.
- Biospace (2009d). Srovnání přístrojů. Retrieved 22. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/srovnani-pristroju.php>.
- Biospace (2013). InBody 570. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/soubory/katalogy-anglicky/570.pdf>.
- Biospace (2014). InBody 770. Retrieved 25. 2. 2016 from World Wide Web: [http://www.biospace.cz/soubory/katalogy-anglicky/catalog\\_770\\_eng\\_a\\_0521.pdf](http://www.biospace.cz/soubory/katalogy-anglicky/catalog_770_eng_a_0521.pdf).
- Bodystat (2014a). Bodystat 1500. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.bodystat.com/products/online-brochure/1500>.
- Bodystat (2014b). Bodystat 1500 MDD. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.bodystat.com/products/online-brochure/1500MDD>.

- Bodystat (2014c). Multiscan 5000. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.bodystat.com/products/online-brochure/multiscan>.
- Bodystat (2016a). About Bodystat. Retrieved 22. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.bodystat.com/about>.
- Bodystat (2016b). Quadscan. Retrieved 26. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.bodystat.com/products/online-brochure/quadscan>
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. A., & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *Journal of Physiology*, 482(2), 467–480.
- Botek, Z., Gába, A., Lehnert, M., Přidalová, M., Vařeková, R., Botek, M., & Langer, F. (2010). Condition and body constitution of soccer players in category U19 before and after completing a preparatory period. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn.*, 40(2), 47–54.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168.
- Bunc, V. (2006). Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of Czech children. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn.*, 36(4), 39–45.
- Bunc, V., Cingálek, R., Moravcová, J., & Kalous, J. (2001). Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. In Válková, H., Hanelová, Z. (Eds.). *Pohyb a zdraví*. Olomouc: UP, FTK, 2001, s. 102–106.
- Butte, N. F., Hopkinson, J. M., Wong, W. W., Smith, E. O., & Ellis, K. J. (2000). Body composition during the first 2 years of life: An updated reference. *Pediatric Research*, 47, 578–585.
- Calbet, J. A. L., Dorado, C., Díaz-Herrera, P., & Rodríguez-Rodríguez, L. P. (2001). High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33(10), 1682–1687.
- Costill, D. L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., & Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of Applied Physiology*, 40(2), 149–154.

- Cunningham, J. J. (1991). Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr*, *54*, 963–969.
- Demura, S., Sato, S., & Kitabayashi, T. (2004). Percentage of total body fat as estimated by three automatic bioelectrical impedance analyzers. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, *23*(3), 93–99.
- Deurenberg, P., & Schouten, F. J. (1992). Los sof total body water and extracelular water assessment by multifrequency impedance. *European Journal of Clinical Nutrition*, *46*(4), 247–255.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. J. C., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, *28*, 222–227.
- Donadio, C., Lucchesi, A., Tramonti, G., & Bianchi, C. (1997). Creatinine clearance predicted from body cell mass is a good indicator of renal function. *Kidney International*, *63*, 166–168.
- Dorhöfer, R. P., & Pirlich, M. (2007). *Das BIA-Kompendium, III. Ausgabe*. Data Input GmbH, Darmstadt.
- dos Santos, R. R. C., de Sousa, C. V., Olher, R. R., Neto, I. V. de S., Pereira, L. A., & Sales, M. M. (2014). Comparison of the Anaerobic Power of Brazilian Professional Football Players Grouped by Tactical Position. *Monten J. Sports Sci. Med.*, *3*(2), 13–18.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu* (4. vyd.). Praha: Olympia.
- Draper, N., & Marshall, H. (2013). *Exercise physiology: for health and sports performance*. Harlow: Pearson.
- Duthie, G. M., Pyne, D. B. Hopkins, W. G., Livingstone, S., & Hooper, S. L. (2006). Anthropometry profiles of elite rugby players: quantifying ganges in lean mass. *Br J Sports Med*, *40*, 202–207.
- Edwards, A. M., Clark, N., & Macfadyen, A. M. (2003). Lactate and ventilatory thresholds reflect the training statut of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *Journal of Sports Science and Medicine*, *2*, 23–29.

- Forbes, G. B. (1987). Human body composition: growth, aging, nutrition and activity. In Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., Wang, Z., & Going, S. B. *Human body composition (2nd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005, s. 260.
- Fornetti, W. C., Pivarnik, J. M., Foley, J. M., & Fiechtner, J. J. (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J. Appl. Physiol.*, 87(3), 1114–1122.
- Frybort, P. (2014). Diagnostika tělesné výkonnosti pomocí Yo-Yo intermitentního zotavovacího testu. *Fotbal a trénink*, 2, 26–29.
- Gába, A., Zajac-Gawlak, I., Přidalová, M., & Pošpiech, D. (2011). Analýza rozdílů vybraných parametrů tělesného složení stanovených přístrojem InBody 720 a Tanita BC-418. *Med Sport Boh Slov*, 20(2), 88–96.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med.*, 31(10), 725–741.
- Gallagher, D., Visser, M., Wang, Z., Harris, T., Pierson, R. N. Jr., & Heymsfield, S. B. (1996). Metabolically active component of fat-free body mass: Influence of age, adiposity, and gender. *Metabolism*, 45(8), 992–997.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press, a. s.
- Guo, S. S., Chumlea, W. C., Roche, A. F., & Siervogel, R. M. (1997). Age- and maturity-related changes in body composition during adolescence into adulthood: The longitudinal study. *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders*, 21(12), 1167–1175.
- Guo, S. S., Zeller, C., Chumlea, W. C., & Siervogel, R. M. (1999). Aging, body composition, and lifestyle: the fels longitudinal study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 405–411.
- Haff, G. G., & Triplett, N. T. (Eds.). (2016). *Essentials of strength training and conditioning (4th ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Harris, R. C., Edwards, R. H. T., Hultman, E., Nordesjö, L. O., Nyling, B., & Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflügers Arch.*, 367, 137–142.

- Haugen, T. & Seiler, S. (2015). Physical and physiological testing of soccer players: Why, what and how should we measure?. *Sports Science*, 19, 10–26.
- Hazir, T. (2010). Physical Characteristics and Somatotype of Soccer Players according to Playing Level and Position. *Journal of Human Kinetics*, 26, 83–95.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925–1931.
- Heymsfield, S. B. (2008). Development of paging methods to assess adiposity and metabolism. *International Journal of Obesity*, 32, 76–82.
- Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., Wang, Z., & Going, S. B. (2005). *Human body composition (2nd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hoffman, J. (2014). *Physiological aspects of sports training and performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- InBody (2009). Přístroje BIA. Retrieved 22. 2. 2016 from World Wide Web: <http://www.inbody.cz/pristroje-bia.php>.
- InBody (2014). InBody 720. Retrieved 25. 2. 2016 from World Wide Web: <http://inbody.com/eng/product/inbody720.aspx>.
- Ishee, J. H., & Foster, B. (2003). Aerobic Endurance Training Improves Soccer Performance. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 74(1), 8–8.
- Kalapocharakos, V. I., Strimpakos, N., Vithoulka, I., Karvounidis, C., Diamantopoulos, K., & Kapreli, I. (2006). Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46, 515–519.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise (6th ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kirkendall, D. T. (2011). *Soccer anatomy*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Kraemer, W. J., Volek, J. S., Clark, K. L., Gordon, S. E., Puhl, S. M., Koziris, L. P., McBride, J. M., Triplett-McBride, N. T., Putukian, M., Newton, R. U., Häkkinen, K., Bush, J. A., & Sebastianelli, W. J. (1999). Influence of exercise training on physiological and performance changes with weight loss in men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, *31*(9), 1320–1329.
- Kučera, M., & Dylevský, I. (1999). *Sportovní medicína*. Praha: Grada Publishing, a. s.
- Kutáč, P. (2012). Application of typice error of measurement for accuracy of measurement body composition in athletes using the BIA method. *Medicina Sportiva*, *16*(4), 150–154.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004a). Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, *23*, 1226–1243.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004b). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, *23*, 1430–1453.
- Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, V. L., Michel, J. P., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2001). Total body mass, fat mass, fat-free mass, and skeletal muscle in older people: cross-sectional differences in 60-year-old persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, *49*(12), 1633–1640.
- 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*, 255–260.
- Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2003). Body composition interpretation: contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*, *19*(7), 597–604.
- Lemcke, M., Fischer, H., Jager, R., Polat, H., Geier, H., Rech, M., Staszewski, S., Helm, E., & Caspary, W. (1993). Human immunodeficiency in virus-infected patiens: Tetrapolar body impedance analysis indicates signifiant malnutrition. *Am. Jour. Clin. Nutr.*, *57*, 15–19.



- Lohman, T. G. (1992). *Advances in body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malá, L., Malý, T., & Zahálka, F. (2014). The quality of active mass and segmental fluids body distribution in young elite soccer players. *Sport Science*, 7(2), 94–100.
- Malá, L., Malý, T., Zahálka, F., & Bunc, V. (2014). *Fitness assessment: body composition* (1st english ed.). Prague: Karolinum.
- Malá, L., Malý, T., Zahálka, F., & Hráský, P. (2015). Body composition of elite youth soccer players with respect to field position. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(4), 678–684.
- Matković, B. R., Mišigoj-Duraković, M., Matković, B., Janković, S., Ružić, L., Leko, G., & Kondrič, M. (2003). Morphological differences of elite Croatian soccer players according to the team position. *Coll. Antropol.*, 27(1), 167–174.
- Máček, M., Radvanský, J., Brůnová, B., Daňová, K., Fajstavr, J., Kolář, P., Kraus, J., Krejčí, P., Kučera, M., Máčková, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Mazzariegos, M., Wang, Z. M., Gallagher, D., Baumgartner, R. N. Jr., Allison, D. B., Wang, J., Pierson, R. N. Jr., & Heymsfield, S. B. (1994). Differences between young and old females in the five levels of body composition and their relevance to the two-compartment chemical model. *Journal of Gerontology*, 49(5), M201–M208.
- McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J Sports Med*, 39, 273–277.
- Melchiorri, G., Monteleone, G., Andreoli, A., Callà, C., Sgroi, M., & De Lorenzo, A. (2007). Body cell mass measured by bioelectrical impedance spectroscopy in professional football (soccer) players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 408–412.
- Michailidis, Y., Michailidis, Ch., Primpa, E., Fatouros, I. G., Margonis, K., Chatzinikolaou, A., Douroudos, I., Draganidis, D., & Methenitis, S. (2013). Intraseasonal change of body composition in professional soccer players and differences according to playing position. *Serb J Sports Sci*, 7(1), 39–44.

- Miller, K. K., & Klibanski, A. (1999). Clinical review 106: amenorrheic bone loss. *J. Clin. Endocrinol. Metabol.*, *84*, 1775–1783.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, *21*, 519–528.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, *23*(6), 593–599.
- Moore, F. D., Olsen, K. H., McMurrey, J. D., Parker, H. V., Ball, M. R., & Boyden, C. M. (1963). The body cell mass and its supporting environment: Body composition in health and disease. In Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., Wang, Z., & Going, S. B. *Human body composition (2nd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005, s. 263.
- Novák, J. (2013). Co se děje v organismu hráče při fotbalovém utkání. *Fotbal a trénink*, *4*, 10–13.
- Orhan, Ö., Sagir, M., & Zorba, E. (2013). Comparison of somatotype values of football players in two professional league football teams according to the positions. *Collegium Antropologicum*, *37*(2), 401–405.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolit power in elite soccer: A new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, *42*(1), 170–178.
- Ostojic, S. M. (2003). Seasonal alternations in body composition and sprint performance of elite players. *Journal of Exercise Physiology*, *6*(3), 11–14.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2008). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2009). *Funkční anatomie II*. Olomouc: Hanex.
- Přidalová, M., & Zapletalová, L. (1997). Tělesné složení a typologie lyžařů. In *Optimální působení tělesné zátěže*. Hradec Králové: Gaudeamus.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada Publishing, a. s.

- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, *15*, 257–263.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, *18*, 669–683.
- Reilly, T., & Williams, A. M. (2003). *Science and soccer* (2nd ed.). London: Routledge.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc, Hanex.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E. L., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profile of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, *40*, 162–169.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, *287*, 502–516.
- Rokyta, R., Bernášková, K., Franěk, M., Kříž, N., Paul, T., Pekárková, I., Pometlová, M., Stančák, A., Šlamberová, R., Šulc, J., Vaculín, Š., & Yamamotová, Anna. (2008). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV nakladatelství.
- Russell, M., Benton, D., & Kingsley, M. (2014). Carbohydrate ingestion before and during the soccer match play and blood glucose and lactate concentrations. *Journal of Athletic Training*, *49*(4), 447–453.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med*, *34*(7), 465–485.
- Silva, A. S. R., Santhiago, V., Papoti, M., & Gobatto, C. A. (2008). Psychological, biomechanics and physiological response of Brazilian soccer players during a training program. *Science & Sports*, *23*, 66–72.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Duffield, R. (2006). Metabolism and performance in repeated cycle sprints: Active versus passive recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.*, *38*(8), 1492–1499.

- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M., & Milanovic, D. (2009). Fitness profilig in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *J Strength Cond Res.*, 23(7), 1947–1953.
- Stewart, A. D., & Sutton, L. (2012). *Body composition in sport, exercise and health*. Abington: Routledge.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Med* 2005, 35(6), 501–536.
- Strauss, A., Jacobs, S. & Van Den Berg, L. (2012). Anthropometric, fitness and technical skill characteristics of elite male national soccer players: A review. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 18(2), 365–394.
- Sutton, L., Scott, M., Wallace, J., & Reilly, T. (2009). Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status and ethnicity. *Journal of Sports Science*, 27(10), 1019–1026.
- Talluri, T. (1998). Qualitative human body composition analysis assessed with bioelectrical impedance. *Coll. Antropol.*, 22(2), 427–432.
- Tanita (2003). Tanita BC-418. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.tanita.com/es/bc-418/>.
- Tanita (2010). Tanita MC-980. Retrieved 22. 2. 2016 from the World Wide Web: <http://tanita.eu/media/wysiwyg/manuals/professional-body-composition-analysers/mc980ma-gb-101101.pdf>.
- Tanita (2014). Tanita MC-780. Retrieved 29. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.tanita.com/en/mc-780/>.
- Thomas, B. J., Cornish, B. H., & Ward, L. C. (1992). Bioelectrical impedance analysis for Measurement of body fluid volumes: a review. *Journal of Clinical Engineering*, 17(6), 505–510.
- Torres-Luque, G., Calahorro-Cañada, F., Lara-Sánchez, A. J., Garatachea, N., & Nikolaidis, P. T. (2015). Body composition using bioelectrical impedance analysis in elite young soccer players: the effects of age and playing position. *Sport Sci Health*, 11, 203–210.

- Trocki, O., Theodoros, M. T., & Shepherd, R. W. (1998). Lack of sensitivity of weight targets compared with body cell mass for determining recovery from malnutrition in adolescents with anorexia nervosa. *International Journal of Eating Disorders*, 23(2), 169–176.
- Ulbrichová, M. (1984). Frakcionace hmotnosti těla z hlediska sportovních pohybových činností. In Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex, 2006, s. 61.
- Večeřa, K., & Nekula, R. (2013). Zkušenosti s aplikací regeneračních prostředků po zátěži ve fotbale. *Fotbal a trénink*, 2, 35–37.
- Vicente-Rodriguez, G., Ara, I., Perez-Gomez, J., Serrano-Sanchez, J. A., Dorado, C., & Calbet, J. A. L. (2004). High femoral bone mineral density accretion in prepubertal soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(10), 1789–1795.
- Waldrop, J. (2005). Early identification and interventions for female athlete triad. *Journal of Pediatric Health Care*, 19(4), 213–220.
- Wang, Z. M., Deurenberg, P., Wang, W., Pitrobelli, A., Baumgartner, R. N., & Heymsfield, S. B. (1999). Hydration of fat-free mass: review and critique of classic body-composition constant. *Am J Clin Nutr*, 69, 833–841.
- Wang, Z., Pierson, R. N. Jr., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56, 19–28.
- Wang, Z., Wang, Z. M., & Heymsfield, S. B. (1999). History of the study human body composition: A brief review. *American Journal of Human Biology*, 11(2), 157–165.
- Warner, E. R., Fornetti, W. C., Jallo, J. J., & Pivarnik, J. M. (2004). A skinfold model to predict fat-free mass in female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 259–262.
- Wasserman, K. (1997). Diagnosing cardiovascular and lung pathophysiology from exercise gas exchange. *Chest*, 112(4), 1091–1101.
- World Health Organization (2016). Klasifikace BMI. Retrieved 12. 4. 2016 from World Wide Web: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>.

Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 414–419.

## **11 PŘÍLOHY**

**Příloha 1.** Seznam používaných zkratk

**Příloha 2.** Popisné charakteristiky brankářů

**Příloha 3.** Popisné charakteristiky obránců

**Příloha 4.** Popisné charakteristiky záložníků

**Příloha 5.** Popisné charakteristiky útočníků

**Příloha 6.** Popisné charakteristiky středních obránců

**Příloha 7.** Popisné charakteristiky krajních obránců

**Příloha 8.** Popisné charakteristiky středních záložníků

**Příloha 9.** Popisné charakteristiky krajních záložníků

**Příloha 10.** Tělesná výška – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 11.** Tělesná hmotnost – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 12.** TBW – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 13.** ICW – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 14.** ECW – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 15.** FFM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 16.** SMM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 17.** BCM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 18.** BFM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 19.** %BFM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 20.** Proteiny – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 21.** Minerály – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 22.** RALM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 23.** LALM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 24.** TLM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 25.** RLLM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 26.** LLLM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 27.** FFMI – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 28.** BFMI – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 29.** BCMI – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 30.** BMI – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 31.** ECM/BCM – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 32.** BMR – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 33.** Fitness skóre – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 34.** FFMI – Kruskal–Wallisův test

**Příloha 35.** BFMI – Kruskal–Wallisův test



## **Příloha 1.** Seznam používaných zkratk

TBW	–	Total Body Water – celková tělesná voda (l)
ECW	–	Extracellular Water – mimobuněčná voda (l)
ICW	–	Intracellular Water – nitrobuněčná voda (l)
FFM	–	Fat Free Mass – tukuprostá hmota (kg)
BFM	–	Body Fat Mass – tělesný tuk (kg)
%BF	–	Percent Body Fat – procentní zastoupení tělesného tuku (%)
BCM	–	Body Cell Mass – buněčná hmota (kg)
BMC	–	Bone Mineral Content – množství kostních minerálů (kg)
BMR	–	Basal Metabolic Rate – bazální metabolismus (kcal)
DBM	–	Dry Body Mass – sušina (kg)
LBM	–	Lean Body Mass – štíhlá tělesná hmota – rozdíl mezi FFM a BMC (kg)
WHR	–	Waist Hip Ratio – poměr pas/boky (-)
SMM	–	Skeletal Muscle Mass – kosterní svalstvo (kg)
ECM	–	Extracellular Mass – extracelulární buněčná hmota (kg)
BMI	–	Body Mass Index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
BFMI	–	Body Fat Mass Index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
FFMI	–	Fat Free Mass Index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
BCMI	–	Body Cell Mass Index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
ECM/BCM	–	poměr mezi ECM a BCM (-)
RALM	–	Right Arm Lean Mass – svalovina pravé horní končetiny (kg)
LALM	–	Left Arm Lean Mass – svalovina levé horní končetiny (kg)
TLM	–	Trunk Lean Mass – svalovina trupu (kg)
RLLM	–	Right Leg Lean Mass – svalovina pravé dolní končetiny (kg)
LLLM	–	Left Leg Lean Mass – svalovina levé dolní končetiny (kg)
Target-	–	Doporučená hodnota

**Tabulka 1.** Popisné charakteristiky brankářů

Parametr	Brankář						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	18	22,67	6,00	21,00	16,10	35,00	26,48
Tělesná výška (cm)	18	189,72	3,99	188,50	183,50	196,20	2,11
Tělesná hmotnost (kg)	18	86,03	6,13	84,20	78,40	101,10	7,12
TBW (l)	18	56,09	4,36	53,90	51,80	67,80	7,77
Target TBW (l)	18	49,52	2,03	48,90	46,30	52,90	4,11
ICW (l)	18	35,33	2,66	34,05	32,70	42,50	7,52
Target ICW (l)	18	30,69	1,26	30,30	28,70	32,80	4,11
ECW (l)	18	20,77	1,74	20,30	18,70	25,30	8,40
Target ECW (l)	18	18,82	0,77	18,55	17,60	20,10	4,11
Protein Mass (kg)	18	15,27	1,16	14,75	14,10	18,40	7,60
Target Protein Mass (kg)	18	13,26	0,55	13,10	12,40	14,20	4,16
Mineral Mass (kg)	18	5,40	0,41	5,24	4,96	6,62	7,68
Target Mineral Mass (kg)	18	4,58	0,19	4,53	4,28	4,89	4,13
BMC (kg)	18	4,46	0,35	4,33	4,07	5,46	7,83
Target BMC (kg)	18	3,77	0,16	3,73	3,53	4,03	4,13
BFM (kg)	18	9,27	1,74	8,95	6,60	12,40	18,77
%BF (%)	18	10,78	1,94	10,69	7,86	14,40	18,02
Target %BF (%)	18	11,89	0,48	11,75	11,10	12,70	4,07
FFM (kg)	18	76,77	5,90	73,80	71,20	92,80	7,69
SMM (kg)	18	44,07	3,47	42,44	40,68	53,46	7,87
Target SMM (kg)	18	38,03	1,65	37,53	35,42	40,78	4,33
BCM (kg)	18	50,60	3,81	48,80	46,87	60,92	7,53
Target BCM (kg)	18	43,97	1,81	43,41	41,10	46,98	4,11
Right Arm Lean Mass (kg)	18	4,40	0,49	4,16	3,88	5,55	11,06
Left Arm Lean Mass (kg)	18	4,31	0,46	4,09	3,80	5,33	10,77
Trunk Lean Mass (kg)	18	32,46	2,65	31,19	29,75	38,54	8,17
Right Leg Lean Mass (kg)	18	12,17	0,87	11,97	11,11	14,39	7,19
Left Leg Lean Mass (kg)	18	12,10	0,85	11,92	11,10	14,20	7,06
%Right Arm Lean Mass (%)	18	118,01	10,20	115,66	105,93	141,38	8,64
Target %RALM (%)	18	115,24	8,18	113,50	104,83	131,86	7,10
%Left Arm Lean Mass (%)	18	115,53	9,79	113,38	103,69	139,37	8,47
Target %LALM (%)	18	112,82	7,85	111,42	103,20	129,99	6,96
%Trunk Lean Mass (%)	18	108,06	5,98	105,94	101,74	121,87	5,53
Target %TLM (%)	18	105,63	4,42	103,82	101,26	114,03	4,18
%Right Leg Lean Mass (%)	18	115,06	4,97	114,22	108,18	128,48	4,32
Target %RLLM (%)	18	112,45	3,95	112,15	105,95	122,08	3,51
%Left Leg Lean Mass (%)	18	114,40	5,03	113,58	107,13	126,81	4,40
Target %LLLML (%)	18	111,80	4,01	112,02	104,91	120,49	3,59
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18	23,89	1,39	23,50	22,40	27,88	5,81
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	18	14,05	0,78	13,81	13,35	16,10	5,52
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	18	2,58	0,53	2,48	1,81	3,57	20,68
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	18	21,31	1,20	21,09	20,19	24,41	5,62
ECM/BCM	18	0,52	0,01	0,52	0,50	0,53	2,00
Fitness skóre (bodů)	18	89,44	4,51	88,50	85,00	101,00	5,05
BMR (kcal)	18	2028,12	127,61	1964,22	1907,02	2374,69	6,29

**Tabulka 2.** Popisné charakteristiky obránců

Parametr	Obránce						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	94	20,80	4,85	18,00	16,00	34,00	23,30
Tělesná výška (cm)	94	182,34	4,50	182,50	172,40	191,50	2,47
Tělesná hmotnost (kg)	94	75,35	6,78	76,25	58,10	91,70	8,99
TBW (kg)	94	49,90	4,43	50,00	38,20	59,60	8,87
Target TBW (kg)	94	45,85	2,26	46,25	40,80	50,40	4,92
ICW (kg)	94	31,53	2,83	31,65	23,90	37,90	8,98
Target ICW (kg)	94	28,43	1,39	28,70	25,30	31,30	4,90
ECW (kg)	94	18,37	1,62	18,50	14,30	21,70	8,81
Target ECW (kg)	94	17,42	0,86	17,60	15,50	19,20	4,93
Protein Mass (kg)	94	13,63	1,22	13,70	10,30	16,40	8,96
Target Protein Mass (kg)	94	12,29	0,60	12,40	10,90	13,50	4,87
Mineral Mass (kg)	94	4,71	0,44	4,73	3,63	5,88	9,41
Target Mineral Mass (kg)	94	4,24	0,21	4,28	3,78	4,66	4,90
BMC (kg)	94	3,89	0,37	3,88	2,94	4,85	9,53
Target BMC (kg)	94	3,49	0,17	3,53	3,11	3,84	4,91
BFM (kg)	94	7,11	2,17	6,60	2,40	14,20	30,47
%BF (%)	94	9,40	2,55	9,31	3,36	17,68	27,08
Target %BF (%)	94	11,01	0,54	11,10	9,80	12,10	4,94
FFM (kg)	94	68,24	6,07	68,45	52,20	81,80	8,89
SMM (kg)	94	39,12	3,69	39,24	29,21	47,45	9,42
Target SMM (kg)	94	35,07	1,82	35,41	31,02	38,75	5,18
BCM (kg)	94	45,16	4,05	45,29	34,28	54,31	8,97
Target BCM (kg)	94	40,72	2,00	41,09	36,26	44,76	4,90
Right Arm Lean Mass (kg)	94	3,75	0,45	3,77	2,51	4,71	12,10
Left Arm Lean Mass (kg)	94	3,71	0,46	3,74	2,57	4,56	12,32
Trunk Lean Mass (kg)	94	28,75	2,62	28,92	21,97	33,90	9,11
Right Leg Lean Mass (kg)	94	10,98	0,93	11,07	8,69	13,10	8,43
Left Leg Lean Mass (kg)	94	10,88	0,92	11,01	8,71	12,80	8,50
%Right Arm Lean Mass (%)	94	108,83	10,29	109,64	77,43	125,40	9,46
Target %RALM (%)	94	109,39	7,12	108,99	90,92	122,51	6,51
%Left Arm Lean Mass (%)	94	107,71	10,43	109,64	79,11	129,81	9,69
Target %LALM (%)	94	108,25	7,28	108,43	92,51	126,39	6,72
%Trunk Lean Mass (%)	94	103,42	6,91	104,56	84,82	117,50	6,68
Target %TLM (%)	94	104,09	4,15	104,61	94,84	114,47	3,98
%Right Leg Lean Mass (%)	94	111,89	6,02	112,28	96,74	122,74	5,38
Target %RLLM (%)	94	112,68	4,59	112,36	101,52	122,12	4,08
%Left Leg Lean Mass (%)	94	110,82	6,02	111,54	96,51	120,61	5,43
Target %LLLLM (%)	94	111,59	4,42	111,80	100,04	121,40	3,96
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	94	22,63	1,50	22,90	18,74	25,34	6,61
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	94	13,56	0,88	13,49	11,05	14,99	6,49
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	94	2,14	0,64	2,01	0,71	4,48	29,91
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	94	20,50	1,32	20,39	16,83	22,70	6,43
ECM/BCM	94	0,51	0,01	0,51	0,49	0,53	1,83
Fitness skóre (bodů)	94	84,71	5,97	86,00	70,00	93,00	7,05
BMR (kcal)	94	1843,80	131,10	1849,12	1496,45	2136,33	7,11

**Tabulka 3.** Popisné charakteristiky záložníků

Parametr	Záložník						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	114	19,67	3,60	18,00	16,40	33,00	18,32
Tělesná výška (cm)	114	179,67	4,83	180,65	170,10	188,50	2,69
Tělesná hmotnost (kg)	114	70,86	6,26	70,52	54,60	86,20	8,83
TBW (kg)	114	46,93	4,02	47,10	36,50	53,90	8,58
Target TBW (kg)	114	44,50	2,44	45,00	39,80	49,10	5,49
ICW (kg)	114	29,73	2,57	29,95	22,80	34,10	8,64
Target ICW (kg)	114	27,58	1,51	27,90	24,70	30,40	5,48
ECW (kg)	114	17,20	1,48	17,20	13,70	19,80	8,61
Target ECW (kg)	114	16,91	0,92	17,10	15,10	18,60	5,44
Protein Mass (kg)	114	12,85	1,10	12,95	9,80	14,70	8,60
Target Protein Mass (kg)	114	11,93	0,65	12,10	10,70	13,10	5,47
Mineral Mass (kg)	114	4,39	0,41	4,38	3,19	5,29	9,35
Target Mineral Mass (kg)	114	4,12	0,23	4,17	3,68	4,54	5,48
BMC (kg)	114	3,62	0,35	3,61	2,67	4,40	9,57
Target BMC (kg)	114	3,39	0,19	3,43	3,03	3,74	5,49
BFM (kg)	114	6,69	2,39	6,60	1,90	15,40	35,77
%BF (%)	114	9,37	3,01	9,38	3,00	17,84	32,11
Target %BF (%)	114	10,69	0,59	10,80	9,50	11,80	5,48
FFM (kg)	114	64,17	5,52	64,35	49,60	73,90	8,60
SMM (kg)	114	36,77	3,35	37,07	27,67	42,43	9,11
Target SMM (kg)	114	33,98	1,97	34,41	30,16	37,67	5,80
BCM (kg)	114	42,57	3,68	42,91	32,59	48,79	8,64
Target BCM (kg)	114	39,51	2,16	39,99	35,32	43,57	5,48
Right Arm Lean Mass (kg)	114	3,48	0,45	3,53	2,44	4,25	12,85
Left Arm Lean Mass (kg)	114	3,47	0,44	3,57	2,31	4,22	12,67
Trunk Lean Mass (kg)	114	27,30	2,57	27,82	20,86	31,61	9,42
Right Leg Lean Mass (kg)	114	10,31	0,92	10,47	7,99	12,17	8,88
Left Leg Lean Mass (kg)	114	10,23	0,91	10,35	7,99	12,30	8,89
%Right Arm Lean Mass (%)	114	104,33	9,88	105,42	80,94	124,26	9,47
Target %RALM (%)	114	106,53	7,83	108,37	85,18	119,77	7,35
%Left Arm Lean Mass (%)	114	104,30	10,26	105,91	81,14	127,17	9,83
Target %LALM (%)	114	106,50	8,29	107,37	86,59	123,13	7,78
%Trunk Lean Mass (%)	114	101,36	6,56	101,28	87,67	117,84	6,47
Target %TLM (%)	114	103,60	4,77	103,82	92,22	113,20	4,61
%Right Leg Lean Mass (%)	114	108,33	4,94	107,81	93,10	120,34	4,56
Target %RLLM (%)	114	110,81	5,05	110,84	101,21	127,69	4,56
%Left Leg Lean Mass (%)	114	107,52	5,13	107,85	93,06	120,26	4,77
Target %LLLLM (%)	114	109,98	5,13	109,55	99,80	127,31	4,66
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	114	21,92	1,36	21,61	18,48	25,57	6,20
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	114	13,17	0,73	13,24	11,03	15,20	5,56
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	114	2,08	0,74	2,05	0,57	4,57	35,61
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	114	19,85	1,07	19,89	16,79	22,65	5,38
ECM/BCM	114	0,51	0,01	0,51	0,48	0,53	1,92
Fitness skóre (bodů)	114	81,86	5,09	83,00	70,00	92,00	6,22
BMR (kcal)	114	1756,11	119,28	1759,67	1441,84	1966,87	6,79

**Tabulka 4.** Popisné charakteristiky útočníků

Parametr	Útočník						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	45	18,91	4,17	18,00	16,00	36,00	22,08
Tělesná výška (cm)	45	182,88	6,87	182,30	171,90	199,50	3,76
Tělesná hmotnost (kg)	45	76,27	7,97	74,09	66,60	98,10	10,45
TBW (kg)	45	50,66	4,91	49,30	43,90	62,70	9,69
Target TBW (kg)	45	46,12	3,34	45,90	40,60	54,70	7,24
ICW (kg)	45	31,90	3,04	31,10	27,40	39,10	9,54
Target ICW (kg)	45	28,59	2,07	28,50	25,20	33,90	7,25
ECW (kg)	45	18,76	1,89	18,40	16,40	23,60	10,07
Target ECW (kg)	45	17,54	1,27	17,50	15,40	20,80	7,26
Protein Mass (kg)	45	13,79	1,32	13,50	11,80	16,90	9,58
Target Protein Mass (kg)	45	12,36	0,90	12,30	10,90	14,70	7,29
Mineral Mass (kg)	45	4,75	0,55	4,61	4,02	6,01	11,51
Target Mineral Mass (kg)	45	4,27	0,31	4,25	3,76	5,06	7,25
BMC (kg)	45	3,92	0,46	3,82	3,33	5,04	11,80
Target BMC (kg)	45	3,51	0,25	3,50	3,09	4,17	7,25
BFM (kg)	45	7,07	2,20	6,50	3,80	15,00	31,09
%BF (%)	45	9,19	2,20	8,72	5,71	15,31	23,93
Target %BF (%)	45	11,07	0,79	11,00	9,80	13,10	7,15
FFM (kg)	45	69,20	6,76	67,40	59,80	85,50	9,77
SMM (kg)	45	39,61	3,97	38,60	33,74	49,04	10,02
Target SMM (kg)	45	35,29	2,70	35,14	30,84	42,23	7,66
BCM (kg)	45	45,70	4,36	44,59	39,25	56,06	9,54
Target BCM (kg)	45	40,96	2,97	40,79	36,07	48,58	7,25
Right Arm Lean Mass (kg)	45	3,86	0,44	3,71	3,36	5,00	11,48
Left Arm Lean Mass (kg)	45	3,84	0,44	3,69	3,26	4,81	11,59
Trunk Lean Mass (kg)	45	29,40	2,63	28,61	26,11	35,65	8,93
Right Leg Lean Mass (kg)	45	11,11	1,33	10,94	9,13	14,77	11,98
Left Leg Lean Mass (kg)	45	11,02	1,30	10,87	9,07	14,55	11,81
%Right Arm Lean Mass (%)	45	111,93	7,26	113,08	97,90	124,87	6,48
Target %RALM (%)	45	111,51	5,70	111,82	98,75	123,84	5,11
%Left Arm Lean Mass (%)	45	111,24	7,71	112,27	96,52	122,42	6,93
Target %LALM (%)	45	110,81	6,12	110,88	97,60	121,37	5,52
%Trunk Lean Mass (%)	45	105,27	4,89	106,13	96,23	113,90	4,65
Target %TLM (%)	45	104,92	3,37	105,04	97,31	111,65	3,22
%Right Leg Lean Mass (%)	45	112,16	6,84	111,22	96,05	130,56	6,10
Target %RLLM (%)	45	111,77	5,86	112,06	101,47	127,56	5,24
%Left Leg Lean Mass (%)	45	111,29	6,57	111,08	95,50	129,37	5,90
Target %LLLML (%)	45	110,91	5,65	110,82	100,89	126,40	5,09
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	45	22,75	1,11	22,57	21,06	26,27	4,87
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	45	13,64	0,58	13,66	12,16	15,57	4,26
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	45	2,10	0,58	1,99	1,24	3,80	27,65
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	45	20,64	0,85	20,64	18,52	23,34	4,11
ECM/BCM	45	0,51	0,01	0,51	0,49	0,53	1,74
Fitness skóre (bodů)	45	85,84	4,09	86,00	76,00	96,00	4,76
BMR (kcal)	45	1864,71	145,95	1825,15	1662,44	2217,48	7,83

**Tabulka 5.** Popisné charakteristiky středních obránců

Parametr	Střední Obránce						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	59	20,68	5,12	18,00	16,00	34,00	24,78
Tělesná výška (cm)	59	184,02	4,09	184,00	174,50	191,50	2,22
Tělesná hmotnost (kg)	59	76,91	6,80	79,70	58,10	91,70	8,84
TBW (kg)	59	50,98	4,53	52,10	38,20	59,60	8,88
Target TBW (kg)	59	46,74	2,01	46,80	42,00	50,40	4,31
ICW (kg)	59	32,18	2,92	32,90	23,90	37,90	9,09
Target ICW (kg)	59	28,98	1,25	29,00	26,10	31,30	4,30
ECW (kg)	59	18,80	1,62	19,20	14,30	21,70	8,63
Target ECW (kg)	59	17,77	0,77	17,80	16,00	19,20	4,31
Protein Mass (kg)	59	13,91	1,26	14,20	10,30	16,40	9,06
Target Protein Mass (kg)	59	12,52	0,53	12,50	11,30	13,50	4,26
Mineral Mass (kg)	59	4,84	0,45	4,96	3,63	5,88	9,25
Target Mineral Mass (kg)	59	4,33	0,19	4,33	3,89	4,66	4,30
BMC (kg)	59	4,00	0,38	4,13	2,94	4,85	9,47
Target BMC (kg)	59	3,56	0,15	3,57	3,20	3,84	4,28
BFM (kg)	59	7,18	1,97	6,80	2,40	11,80	27,49
%BF (%)	59	9,33	2,33	9,40	3,36	14,05	25,03
Target %BF (%)	59	11,22	0,49	11,20	10,10	12,10	4,33
FFM (kg)	59	69,73	6,21	71,30	52,20	81,80	8,91
SMM (kg)	59	39,96	3,81	40,85	29,21	47,45	9,53
Target SMM (kg)	59	35,79	1,62	35,84	31,99	38,75	4,53
BCM (kg)	59	46,09	4,18	47,06	34,28	54,31	9,08
Target BCM (kg)	59	41,51	1,78	41,56	37,33	44,76	4,29
Right Arm Lean Mass (kg)	59	3,82	0,48	3,87	2,51	4,71	12,57
Left Arm Lean Mass (kg)	59	3,80	0,46	3,88	2,57	4,56	12,09
Trunk Lean Mass (kg)	59	29,25	2,70	29,55	21,97	33,90	9,23
Right Leg Lean Mass (kg)	59	11,29	0,89	11,43	9,02	13,10	7,84
Left Leg Lean Mass (kg)	59	11,18	0,90	11,30	8,82	12,80	8,02
%Right Arm Lean Mass (%)	59	108,94	10,68	109,50	77,43	125,40	9,81
Target %RALM (%)	59	109,40	7,41	109,09	90,92	122,51	6,78
%Left Arm Lean Mass (%)	59	108,55	10,51	109,97	79,11	129,81	9,68
Target %LALM (%)	59	109,01	7,26	109,46	92,51	126,39	6,66
%Trunk Lean Mass (%)	59	103,24	7,08	103,27	84,82	117,50	6,86
Target %TLM (%)	59	103,83	4,35	104,03	94,84	114,47	4,19
%Right Leg Lean Mass (%)	59	112,70	6,19	113,34	97,89	122,74	5,49
Target %RLLM (%)	59	113,41	4,71	113,83	102,36	122,12	4,15
%Left Leg Lean Mass (%)	59	111,50	6,23	112,05	96,84	120,61	5,58
Target %LLLLM (%)	59	112,20	4,68	112,60	100,04	121,40	4,17
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	22,68	1,49	22,83	18,74	25,01	6,59
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	13,59	0,92	13,47	11,05	14,99	6,76
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	2,12	0,56	2,08	0,71	3,28	26,55
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	20,56	1,37	20,31	16,83	22,70	6,67
ECM/BCM	59	0,51	0,01	0,51	0,50	0,53	1,73
Fitness skóre (bodů)	59	85,05	6,23	86,00	70,00	93,00	7,33
BMR (kcal)	59	1876,01	134,33	1910,24	1496,45	2136,33	7,16

**Tabulka 6.** Popisné charakteristiky krajních obránců

Parametr	Krajní Obránce						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	35	21,00	4,40	19,00	17,00	31,00	20,96
Tělesná výška (cm)	35	179,50	3,70	178,80	172,40	186,10	2,06
Tělesná hmotnost (kg)	35	72,71	5,94	73,20	62,90	81,30	8,17
TBW (kg)	35	48,07	3,63	48,70	41,10	54,60	7,54
Target TBW (kg)	35	44,34	1,81	44,00	40,80	47,60	4,09
ICW (kg)	35	30,44	2,32	30,70	25,90	34,60	7,62
Target ICW (kg)	35	27,50	1,12	27,30	25,30	29,50	4,07
ECW (kg)	35	17,63	1,34	17,90	15,20	20,00	7,59
Target ECW (kg)	35	16,85	0,68	16,70	15,50	18,10	4,05
Protein Mass (kg)	35	13,16	1,00	13,30	11,20	15,00	7,63
Target Protein Mass (kg)	35	11,89	0,48	11,80	10,90	12,80	4,05
Mineral Mass (kg)	35	4,49	0,34	4,47	3,78	5,08	7,61
Target Mineral Mass (kg)	35	4,10	0,17	4,07	3,78	4,40	4,06
BMC (kg)	35	3,70	0,27	3,69	3,07	4,15	7,43
Target BMC (kg)	35	3,38	0,14	3,36	3,11	3,63	4,10
BFM (kg)	35	6,99	2,48	6,20	2,90	14,20	35,51
%BF (%)	35	9,53	2,90	8,88	4,39	17,68	30,43
Target %BF (%)	35	10,64	0,43	10,60	9,80	11,40	4,08
FFM (kg)	35	65,72	4,95	66,30	56,10	74,60	7,53
SMM (kg)	35	37,69	3,01	38,10	31,81	43,12	8,00
Target SMM (kg)	35	33,86	1,46	33,61	31,02	36,49	4,32
BCM (kg)	35	43,59	3,31	44,04	37,13	49,55	7,60
Target BCM (kg)	35	39,39	1,61	39,11	36,26	42,27	4,08
Right Arm Lean Mass (kg)	35	3,63	0,38	3,67	2,91	4,34	10,57
Left Arm Lean Mass (kg)	35	3,56	0,41	3,63	2,72	4,43	11,65
Trunk Lean Mass (kg)	35	27,90	2,27	28,25	23,61	32,51	8,13
Right Leg Lean Mass (kg)	35	10,46	0,75	10,47	8,69	11,83	7,15
Left Leg Lean Mass (kg)	35	10,38	0,75	10,54	8,71	11,85	7,20
%Right Arm Lean Mass (%)	35	108,64	9,75	109,78	90,78	123,72	8,98
Target %RALM (%)	35	109,36	6,71	108,66	99,30	122,02	6,13
%Left Arm Lean Mass (%)	35	106,29	10,30	109,31	85,76	122,22	9,69
Target %LALM (%)	35	106,97	7,23	107,69	93,79	120,94	6,75
%Trunk Lean Mass (%)	35	103,72	6,71	105,86	89,13	114,83	6,47
Target %TLM (%)	35	104,52	3,79	104,84	97,53	113,28	3,63
%Right Leg Lean Mass (%)	35	110,53	5,53	111,08	96,74	120,30	5,00
Target %RLLM (%)	35	111,45	4,18	111,27	101,52	118,77	3,75
%Left Leg Lean Mass (%)	35	109,67	5,56	110,06	96,51	119,19	5,07
Target %LLLML (%)	35	110,57	3,80	110,77	101,65	117,41	3,44
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	35	22,55	1,52	22,94	19,41	25,34	6,74
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	35	13,52	0,82	13,71	11,46	14,70	6,08
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	35	2,17	0,76	1,93	0,90	4,48	35,00
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	35	20,39	1,23	20,65	17,32	22,15	6,05
ECM/BCM	35	0,51	0,01	0,51	0,49	0,52	1,84
Fitness skóre (bodů)	35	84,14	5,55	86,00	72,00	91,00	6,59
BMR (kcal)	35	1789,51	106,76	1802,85	1580,88	1980,77	5,97

**Tabulka 7.** Popisné charakteristiky středních záložníků

Parametr	Střední záložník						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	58	19,42	3,69	18,00	17,00	33,00	18,98
Tělesná výška (cm)	58	179,53	5,90	177,80	170,50	188,50	3,29
Tělesná hmotnost (kg)	58	72,15	7,30	74,50	54,60	86,20	10,11
TBW (kg)	58	47,55	4,68	48,10	36,50	53,90	9,85
Target TBW (kg)	58	44,45	3,01	43,45	39,80	49,10	6,77
ICW (kg)	58	30,10	2,96	30,45	22,80	34,10	9,82
Target ICW (kg)	58	27,56	1,86	26,95	24,70	30,40	6,75
ECW (kg)	58	17,44	1,75	17,80	13,70	19,80	10,02
Target ECW (kg)	58	16,89	1,13	16,50	15,10	18,60	6,71
Protein Mass (kg)	58	13,01	1,27	13,20	9,80	14,70	9,75
Target Protein Mass (kg)	58	11,92	0,81	11,65	10,70	13,10	6,77
Mineral Mass (kg)	58	4,48	0,48	4,58	3,19	5,29	10,62
Target Mineral Mass (kg)	58	4,11	0,28	4,02	3,68	4,54	6,76
BMC (kg)	58	3,70	0,40	3,75	2,67	4,40	10,84
Target BMC (kg)	58	3,39	0,23	3,31	3,03	3,74	6,78
BFM (kg)	58	7,11	2,47	6,80	3,20	15,40	34,73
%BF (%)	58	9,79	2,90	9,68	5,20	17,84	29,63
Target %BF (%)	58	10,68	0,72	10,40	9,60	11,80	6,77
FFM (kg)	58	65,03	6,41	65,75	49,60	73,90	9,85
SMM (kg)	58	37,25	3,85	37,71	27,67	42,43	10,34
Target SMM (kg)	58	33,94	2,43	33,13	30,17	37,67	7,15
BCM (kg)	58	43,11	4,23	43,61	32,59	48,79	9,81
Target BCM (kg)	58	39,47	2,67	38,59	35,33	43,57	6,76
Right Arm Lean Mass (kg)	58	3,51	0,51	3,62	2,59	4,12	14,42
Left Arm Lean Mass (kg)	58	3,53	0,49	3,67	2,62	4,22	13,89
Trunk Lean Mass (kg)	58	27,51	2,89	28,10	22,01	31,20	10,50
Right Leg Lean Mass (kg)	58	10,42	1,08	10,60	7,99	12,17	10,36
Left Leg Lean Mass (kg)	58	10,32	1,07	10,59	7,99	12,30	10,34
%Right Arm Lean Mass (%)	58	105,27	11,64	108,30	80,94	124,26	11,06
Target %RALM (%)	58	106,22	8,92	108,91	85,18	119,58	8,40
%Left Arm Lean Mass (%)	58	105,99	12,04	108,78	81,14	127,17	11,36
Target %LALM (%)	58	106,94	9,26	107,81	86,59	123,13	8,66
%Trunk Lean Mass (%)	58	102,13	7,73	102,94	87,67	117,84	7,57
Target %TLM (%)	58	103,19	5,33	103,71	92,22	113,20	5,16
%Right Leg Lean Mass (%)	58	109,14	5,29	109,48	93,10	119,98	4,84
Target %RLLM (%)	58	110,38	4,23	110,07	101,21	119,65	3,83
%Left Leg Lean Mass (%)	58	108,17	5,47	108,77	93,06	120,26	5,06
Target %LLLML (%)	58	109,38	4,12	109,29	100,78	118,89	3,76
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	58	22,34	1,47	22,11	18,48	25,57	6,56
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	58	13,35	0,83	13,48	11,03	15,20	6,22
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	58	2,21	0,74	2,15	1,09	4,57	33,56
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	58	20,14	1,20	20,29	16,79	22,65	5,95
ECM/BCM	58	0,51	0,01	0,51	0,49	0,53	1,79
Fitness skóre (bodů)	58	83,43	4,98	84,50	70,00	92,00	5,97
BMR (kcal)	58	1774,78	138,44	1790,23	1441,84	1966,87	7,80



**Tabulka 8.** Popisné charakteristiky krajních záložníků

Parametr	Krajní záložník						
	N	M	SD	Medián	MIN	MAX	Var.koef.
Věk (let)	56	19,93	3,53	18,00	16,40	29,00	17,73
Tělesná výška (cm)	56	179,80	3,44	181,00	170,10	186,70	1,91
Tělesná hmotnost (kg)	56	69,52	4,65	68,25	63,30	81,60	6,69
TBW (kg)	56	46,29	3,12	46,85	40,40	52,60	6,73
Target TBW (kg)	56	44,54	1,69	45,05	39,80	47,90	3,79
ICW (kg)	56	29,33	2,05	29,45	25,60	33,70	6,99
Target ICW (kg)	56	27,61	1,05	27,90	24,70	29,70	3,80
ECW (kg)	56	16,96	1,11	17,05	14,70	19,00	6,52
Target ECW (kg)	56	16,92	0,64	17,10	15,10	18,20	3,78
Protein Mass (kg)	56	12,68	0,89	12,75	11,10	14,60	6,98
Target Protein Mass (kg)	56	11,94	0,45	12,10	10,70	12,80	3,74
Mineral Mass (kg)	56	4,31	0,31	4,36	3,67	4,96	7,24
Target Mineral Mass (kg)	56	4,12	0,16	4,17	3,68	4,43	3,80
BMC (kg)	56	3,55	0,26	3,56	2,97	4,08	7,37
Target BMC (kg)	56	3,39	0,13	3,43	3,03	3,65	3,80
BFM (kg)	56	6,24	2,24	6,20	1,90	10,70	35,94
%BF (%)	56	8,94	3,09	8,90	3,00	15,69	34,51
Target %BF (%)	56	10,69	0,40	10,80	9,50	11,50	3,79
FFM (kg)	56	63,28	4,30	63,95	55,30	72,10	6,79
SMM (kg)	56	36,26	2,68	36,43	31,36	41,90	7,39
Target SMM (kg)	56	34,01	1,36	34,43	30,16	36,74	4,01
BCM (kg)	56	42,02	2,94	42,21	36,63	48,22	7,00
Target BCM (kg)	56	39,55	1,50	40,01	35,32	42,54	3,79
Right Arm Lean Mass (kg)	56	3,45	0,38	3,44	2,44	4,25	10,99
Left Arm Lean Mass (kg)	56	3,42	0,38	3,43	2,31	4,17	11,08
Trunk Lean Mass (kg)	56	27,08	2,20	27,17	20,86	31,61	8,13
Right Leg Lean Mass (kg)	56	10,19	0,70	10,43	8,34	11,59	6,86
Left Leg Lean Mass (kg)	56	10,13	0,71	10,27	8,38	11,54	6,96
%Right Arm Lean Mass (%)	56	103,35	7,62	103,45	86,24	121,29	7,37
Target %RALM (%)	56	106,85	6,57	107,85	90,00	119,77	6,15
%Left Arm Lean Mass (%)	56	102,55	7,73	102,48	86,99	120,65	7,54
Target %LALM (%)	56	106,05	7,19	106,94	91,55	120,57	6,78
%Trunk Lean Mass (%)	56	100,56	5,01	100,04	91,39	112,76	4,98
Target %TLM (%)	56	104,31	4,13	104,11	95,38	112,99	3,97
%Right Leg Lean Mass (%)	56	107,48	4,45	106,80	98,57	120,34	4,14
Target %RLLM (%)	56	111,26	5,79	111,66	101,21	127,69	5,21
%Left Leg Lean Mass (%)	56	106,84	4,70	106,42	98,31	119,85	4,40
Target %LLLLM (%)	56	110,60	5,98	109,91	99,80	127,31	5,40
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	56	21,49	1,10	21,28	19,22	24,17	5,10
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	56	12,98	0,56	13,01	11,99	14,08	4,35
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	56	1,94	0,72	1,92	0,57	3,70	37,09
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	56	19,55	0,82	19,51	18,12	21,23	4,21
ECM/BCM	56	0,51	0,01	0,51	0,48	0,53	2,03
Fitness skóre (bodů)	56	80,23	4,71	80,00	71,00	88,00	5,87
BMR (kcal)	56	1736,77	92,84	1750,38	1564,97	1927,13	5,35

**Tabulka 9.** Tělesná výška – Kruskal–Wallisův test

<b>Tělesná výška (cm)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; tělesná výška Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=50,29932, p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:241,06	<b>2</b> R:148,15	<b>3</b> R:107,15	<b>4</b> R:141,68		
<b>1</b>		<b>4,607173</b>	<b>6,736351</b>	<b>4,546561</b>		
<b>2</b>	<b>4,607173</b>		<b>3,755298</b>	0,455851		
<b>3</b>	<b>6,736351</b>	<b>3,755298</b>		2,502426		
<b>4</b>	<b>4,546561</b>	0,455851	2,502426			
<b>Tělesná výška (cm)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; tělesná výška Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=70,72498, p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:241,06	<b>2</b> R:175,92	<b>3</b> R:101,34	<b>4</b> R:112,39	<b>5</b> R:101,72	<b>6</b> R:141,68
<b>1</b>		<b>3,086254</b>	<b>6,145960</b>	<b>6,084631</b>	<b>6,561269</b>	<b>4,546561</b>
<b>2</b>	<b>3,086254</b>		<b>4,460105</b>	<b>4,384167</b>	<b>5,074573</b>	2,207732
<b>3</b>	<b>6,145960</b>	<b>4,460105</b>		0,658410	0,022523	2,283484
<b>4</b>	<b>6,084631</b>	<b>4,384167</b>	0,658410		0,726317	1,881223
<b>5</b>	<b>6,561269</b>	<b>5,074573</b>	0,022523	0,726317		2,546405
<b>6</b>	<b>4,546561</b>	2,207732	2,283484	1,881223	2,546405	

**Tabulka 10.** Tělesná hmotnost – Kruskal–Wallisův test

<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; tělesná hmotnost Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=61,05846 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:242,08	<b>2</b> R:151,78	<b>3</b> R:100,86	<b>4</b> R:149,61		
<b>1</b>		<b>4,478239</b>	<b>7,104234</b>	<b>4,230630</b>		
<b>2</b>	<b>4,478239</b>		<b>4,663119</b>	0,152793		
<b>3</b>	<b>7,104234</b>	<b>4,663119</b>		<b>3,532891</b>		
<b>4</b>	<b>4,230630</b>	0,152793	<b>3,532891</b>			
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; tělesná hmotnost Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=74,67741 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:242,08	<b>2</b> R:169,92	<b>3</b> R:121,20	<b>4</b> R:117,20	<b>5</b> R:83,946	<b>6</b> R:149,61
<b>1</b>		<b>3,419263</b>	<b>5,317657</b>	<b>5,905755</b>	<b>7,446791</b>	<b>4,230630</b>
<b>2</b>	<b>3,419263</b>		2,913789	<b>3,638220</b>	<b>5,879988</b>	1,309492
<b>3</b>	<b>5,317657</b>	2,913789		0,238548	2,205956	1,608441
<b>4</b>	<b>5,905755</b>	<b>3,638220</b>	0,238548		2,264607	2,081806
<b>5</b>	<b>7,446791</b>	<b>5,879988</b>	2,205956	2,264607		<b>4,184976</b>
<b>6</b>	<b>4,230630</b>	1,309492	1,608441	2,081806	<b>4,184976</b>	

**Tabulka 11. TBW – Kruskal–Wallisův test**

<b>TBW (I)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; TBW Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=57,95952 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:236,08	<b>2</b> R:151,84	<b>3</b> R:100,86	<b>4</b> R:151,89		
<b>1</b>		<b>4,177785</b>	<b>6,802396</b>	<b>3,851919</b>		
<b>2</b>	<b>4,177785</b>		<b>4,668478</b>	0,003411		
<b>3</b>	<b>6,802396</b>	<b>4,668478</b>		<b>3,697970</b>		
<b>4</b>	<b>3,851919</b>	0,003411	<b>3,697970</b>			
<b>TBW (I)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; TBW Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=71,37607 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:236,08	<b>2</b> R:171,11	<b>3</b> R:119,36	<b>4</b> R:114,99	<b>5</b> R:86,232	<b>6</b> R:151,89
<b>1</b>		<b>3,078736</b>	<b>5,134784</b>	<b>5,726381</b>	<b>7,056610</b>	<b>3,851919</b>
<b>2</b>	<b>3,078736</b>		<b>3,094948</b>	<b>3,872370</b>	<b>5,804809</b>	1,239137
<b>3</b>	<b>5,134784</b>	<b>3,094948</b>		0,260249	1,961484	1,841722
<b>4</b>	<b>5,726381</b>	<b>3,872370</b>	0,260249		1,958639	2,369847
<b>5</b>	<b>7,056610</b>	<b>5,804809</b>	1,961484	1,958639		<b>4,184470</b>
<b>6</b>	<b>3,851919</b>	1,239137	1,841722	2,369847	<b>4,184470</b>	

**Tabulka 12. ICW – Kruskal–Wallisův test**

<b>ICW (I)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; ICW Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=53,85834 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,67	<b>2</b> R:151,77	<b>3</b> R:102,47	<b>4</b> R:148,94		
<b>1</b>		<b>4,061630</b>	<b>6,600067</b>	<b>3,876065</b>		
<b>2</b>	<b>4,061630</b>		<b>4,514646</b>	0,198594		
<b>3</b>	<b>6,600067</b>	<b>4,514646</b>		<b>3,368235</b>		
<b>4</b>	<b>3,876065</b>	0,198594	<b>3,368235</b>			
<b>ICW (I)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; ICW Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=66,10034 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,67	<b>2</b> R:170,08	<b>3</b> R:120,90	<b>4</b> R:116,14	<b>5</b> R:88,313	<b>6</b> R:148,94
<b>1</b>		<b>3,013214</b>	<b>4,960605</b>	<b>5,557878</b>	<b>6,844842</b>	<b>3,876065</b>
<b>2</b>	<b>3,013214</b>		<b>2,940852</b>	<b>3,721913</b>	<b>5,591825</b>	1,362304
<b>3</b>	<b>4,960605</b>	<b>2,940852</b>		0,283873	1,929656	1,587682
<b>4</b>	<b>5,557878</b>	<b>3,721913</b>	0,283873		1,895043	2,107091
<b>5</b>	<b>6,844842</b>	<b>5,591825</b>	1,929656	1,895043		<b>3,864227</b>
<b>6</b>	<b>3,876065</b>	1,362304	1,587682	2,107091	<b>3,864227</b>	

**Tabulka 13. ECW – Kruskal–Wallisův test**

<b>ECW (l)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; ECW Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=61,44455 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:235,19	<b>2</b> R:152,07	<b>3</b> R:98,930	<b>4</b> R:156,67		
<b>1</b>		<b>4,122360</b>	<b>6,854982</b>	<b>3,592668</b>		
<b>2</b>	<b>4,122360</b>		<b>4,866562</b>	0,323599		
<b>3</b>	<b>6,854982</b>	<b>4,866562</b>		<b>4,184414</b>		
<b>4</b>	<b>3,592668</b>	0,323599	<b>4,184414</b>			
<b>ECW (l)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; ECW Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=76,53898 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:235,19	<b>2</b> R:172,39	<b>3</b> R:117,81	<b>4</b> R:114,12	<b>5</b> R:83,196	<b>6</b> R:156,67
<b>1</b>		<b>2,975980</b>	<b>5,163552</b>	<b>5,725521</b>	<b>7,157706</b>	<b>3,592668</b>
<b>2</b>	<b>2,975980</b>		<b>3,263741</b>	<b>4,020751</b>	<b>6,099937</b>	1,013624
<b>3</b>	<b>5,163552</b>	<b>3,263741</b>		0,220180	2,049883	2,199553
<b>4</b>	<b>5,725521</b>	<b>4,020751</b>	0,220180		2,106088	2,732635
<b>5</b>	<b>7,157706</b>	<b>6,099937</b>	2,049883	2,106088		<b>4,682444</b>
<b>6</b>	<b>3,592668</b>	1,013624	2,199553	2,732635	<b>4,682444</b>	

**Tabulka 14. FFM – Kruskal–Wallisův test**

<b>FFM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; FFM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=57,73553 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:236,36	<b>2</b> R:152,00	<b>3</b> R:101,06	<b>4</b> R:150,96		
<b>1</b>		<b>4,183647</b>	<b>6,806662</b>	<b>3,907328</b>		
<b>2</b>	<b>4,183647</b>		<b>4,665418</b>	0,073514		
<b>3</b>	<b>6,806662</b>	<b>4,665418</b>		<b>3,616342</b>		
<b>4</b>	<b>3,907328</b>	0,073514	<b>3,616342</b>			
<b>FFM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; FFM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=71,27609 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:236,36	<b>2</b> R:171,42	<b>3</b> R:119,27	<b>4</b> R:115,15	<b>5</b> R:86,464	<b>6</b> R:150,96
<b>1</b>		<b>3,077442</b>	<b>5,150774</b>	<b>5,732179</b>	<b>7,058759</b>	<b>3,907328</b>
<b>2</b>	<b>3,077442</b>		<b>3,118319</b>	<b>3,882715</b>	<b>5,809797</b>	1,318974
<b>3</b>	<b>5,150774</b>	<b>3,118319</b>		0,245889	1,942662	1,793736
<b>4</b>	<b>5,732179</b>	<b>3,882715</b>	0,245889		1,953397	2,299934
<b>5</b>	<b>7,058759</b>	<b>5,809797</b>	1,942662	1,953397		<b>4,110191</b>
<b>6</b>	<b>3,907328</b>	1,318974	1,793736	2,299934	<b>4,110191</b>	

**Tabulka 15. SMM – Kruskal–Wallisův test**

<b>SMM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; SMM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=53,94365 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,53	<b>2</b> R:151,81	<b>3</b> R:102,38	<b>4</b> R:149,13		
<b>1</b>		<b>4,052368</b>	<b>6,597714</b>	<b>3,861069</b>		
<b>2</b>	<b>4,052368</b>		<b>4,527465</b>	0,188669		
<b>3</b>	<b>6,597714</b>	<b>4,527465</b>		<b>3,388600</b>		
<b>4</b>	<b>3,861069</b>	0,188669	<b>3,388600</b>			
<b>SMM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; SMM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=66,17906 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,53	<b>2</b> R:170,10	<b>3</b> R:120,99	<b>4</b> R:116,08	<b>5</b> R:88,188	<b>6</b> R:149,13
<b>1</b>		<b>3,005428</b>	<b>4,950724</b>	<b>5,554164</b>	<b>6,844188</b>	<b>3,861069</b>
<b>2</b>	<b>3,005428</b>		<b>2,937247</b>	<b>3,727831</b>	<b>5,602112</b>	1,351766
<b>3</b>	<b>4,950724</b>	<b>2,937247</b>		0,292580	1,942133	1,593524
<b>4</b>	<b>5,554164</b>	<b>3,727831</b>	0,292580		1,899446	2,123099
<b>5</b>	<b>6,844188</b>	<b>5,602112</b>	1,942133	1,899446		<b>3,884232</b>
<b>6</b>	<b>3,861069</b>	1,351766	1,593524	2,123099	<b>3,884232</b>	

**Tabulka 16. BCM – Kruskal–Wallisův test**

<b>BCM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BCM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=53,97460 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,53	<b>2</b> R:151,82	<b>3</b> R:102,36	<b>4</b> R:149,17		
<b>1</b>		<b>4,052104</b>	<b>6,598596</b>	<b>3,859544</b>		
<b>2</b>	<b>4,052104</b>		<b>4,529559</b>	0,186697		
<b>3</b>	<b>6,598596</b>	<b>4,529559</b>		<b>3,392287</b>		
<b>4</b>	<b>3,859544</b>	0,186697	<b>3,392287</b>			
<b>BCM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BCM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=66,18464 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,53	<b>2</b> R:170,08	<b>3</b> R:121,03	<b>4</b> R:116,05	<b>5</b> R:88,179	<b>6</b> R:149,17
<b>1</b>		<b>3,006231</b>	<b>4,948839</b>	<b>5,555387</b>	<b>6,844608</b>	<b>3,859544</b>
<b>2</b>	<b>3,006231</b>		2,933670	<b>3,728446</b>	<b>5,601564</b>	1,348525
<b>3</b>	<b>4,948839</b>	2,933670		0,296676	1,945200	1,592984
<b>4</b>	<b>5,555387</b>	<b>3,728446</b>	0,296676		1,898293	2,126900
<b>5</b>	<b>6,844608</b>	<b>5,601564</b>	1,945200	1,898293		<b>3,886925</b>
<b>6</b>	<b>3,859544</b>	1,348525	1,592984	2,126900	<b>3,886925</b>	

**Tabulka 17. BFM – Kruskal–Wallisův test**

<b>BFM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BFM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=21,19462 p=,0001					
	<b>1</b> R:214,81	<b>2</b> R:137,75	<b>3</b> R:123,65	<b>4</b> R:132,11		
<b>1</b>		<b>3,821349</b>	<b>4,585752</b>	<b>3,783294</b>		
<b>2</b>	<b>3,821349</b>		1,291375	0,396897		
<b>3</b>	<b>4,585752</b>	1,291375		0,613273		
<b>4</b>	<b>3,783294</b>	0,396897	0,613273			
<b>BFM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BFM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=24,69749 p=,0002					
	<b>1</b> R:214,81	<b>2</b> R:144,73	<b>3</b> R:125,99	<b>4</b> R:134,46	<b>5</b> R:112,46	<b>6</b> R:132,11
<b>1</b>		<b>3,320568</b>	<b>3,907184</b>	<b>3,799650</b>	<b>4,819751</b>	<b>3,783294</b>
<b>2</b>	<b>3,320568</b>		1,120880	0,708794	2,207182	0,813425
<b>3</b>	<b>3,907184</b>	1,120880		0,504978	0,801195	0,346778
<b>4</b>	<b>3,799650</b>	0,708794	0,504978		1,498408	0,150665
<b>5</b>	<b>4,819751</b>	2,207182	0,801195	1,498408		1,252711
<b>6</b>	<b>3,783294</b>	0,813425	0,346778	0,150665	1,252711	

**Tabulka 18. %BFM – Kruskal–Wallisův test**

<b>%BF (%)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; %BF Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=6,411094 p=,0932					
	<b>1</b> R:179,56	<b>2</b> R:134,47	<b>3</b> R:134,43	<b>4</b> R:125,74		
<b>Herní post</b>		2,235720	2,270113	2,461873		
<b>1</b>		2,235720	0,003991	0,614394		
<b>2</b>	2,270113	0,003991		0,629463		
<b>3</b>	2,461873	0,614394	0,629463			
<b>%BF (%)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; %BF Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=7,773313 p=,1692					
	<b>1</b> R:179,56	<b>2</b> R:135,42	<b>3</b> R:132,87	<b>4</b> R:142,78	<b>5</b> R:125,79	<b>6</b> R:125,74
<b>Herní post</b>		2,091175	2,053634	1,739294	2,532064	2,461873
<b>1</b>		2,091175	0,152633	0,507320	0,659144	0,623994
<b>2</b>	2,053634	0,152633		0,590415	0,419578	0,403481
<b>3</b>	1,739294	0,507320	0,590415		1,157109	1,093891
<b>4</b>	2,532064	0,659144	0,419578	1,157109		0,002630
<b>5</b>	2,461873	0,623994	0,403481	1,093891	0,002630	
<b>6</b>						

**Tabulka 19.** Proteiny – Kruskal–Wallisův test

<b>Protein mass (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; Protein mass Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=53,73736 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,53	<b>2</b> R:151,76	<b>3</b> R:102,52	<b>4</b> R:148,90		
<b>1</b>		<b>4,055270</b>	<b>6,590653</b>	<b>3,871745</b>		
<b>2</b>	<b>4,055270</b>		<b>4,509253</b>	0,200974		
<b>3</b>	<b>6,590653</b>	<b>4,509253</b>		<b>3,361518</b>		
<b>4</b>	<b>3,871745</b>	0,200974	<b>3,361518</b>			
<b>Protein Mass (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; Protein mass Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=65,97453 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,53	<b>2</b> R:170,13	<b>3</b> R:120,79	<b>4</b> R:116,05	<b>5</b> R:88,500	<b>6</b> R:148,90
<b>1</b>		<b>3,004223</b>	<b>4,959522</b>	<b>5,555387</b>	<b>6,829472</b>	<b>3,871745</b>
<b>2</b>	<b>3,004223</b>		<b>2,950728</b>	<b>3,731370</b>	<b>5,582479</b>	1,368448
<b>3</b>	<b>4,959522</b>	<b>2,950728</b>		0,282199	1,911786	1,591636
<b>4</b>	<b>5,555387</b>	<b>3,731370</b>	0,282199		1,876402	2,109773
<b>5</b>	<b>6,829472</b>	<b>5,582479</b>	1,911786	1,876402		<b>3,849444</b>
<b>6</b>	<b>3,871745</b>	1,368448	1,591636	2,109773	<b>3,849444</b>	

**Tabulka 20.** Minerály – Kruskal–Wallisův test

<b>Mineral mass (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; Mineral mass Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=61,71265 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:243,25	<b>2</b> R:152,38	<b>3</b> R:100,90	<b>4</b> R:147,81		
<b>1</b>		<b>4,506552</b>	<b>7,161160</b>	<b>4,366356</b>		
<b>2</b>	<b>4,506552</b>		<b>4,714465</b>	0,321420		
<b>3</b>	<b>7,161160</b>	<b>4,714465</b>		<b>3,399895</b>		
<b>4</b>	<b>4,366356</b>	0,321420	<b>3,399895</b>			
<b>Minerall Mass (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; Mineral mass Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=79,18811 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:243,25	<b>2</b> R:174,39	<b>3</b> R:115,27	<b>4</b> R:116,98	<b>5</b> R:84,241	<b>6</b> R:147,81
<b>1</b>		<b>3,262921</b>	<b>5,629776</b>	<b>5,971118</b>	<b>7,487855</b>	<b>4,366356</b>
<b>2</b>	<b>3,262921</b>		<b>3,535414</b>	<b>3,961266</b>	<b>6,165274</b>	1,713449
<b>3</b>	<b>5,629776</b>	<b>3,535414</b>		0,102014	1,837450	1,842172
<b>4</b>	<b>5,971118</b>	<b>3,961266</b>	0,102014		2,229863	1,980038
<b>5</b>	<b>7,487855</b>	<b>6,165274</b>	1,837450	2,229863		<b>4,051479</b>
<b>6</b>	<b>4,366356</b>	1,713449	1,842172	1,980038	<b>4,051479</b>	

**Tabulka 21. RALM – Kruskal–Wallisův test**

<b>RALM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; RALM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=51,14774 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,42	<b>2</b> R:146,56	<b>3</b> R:104,17	<b>4</b> R:155,62		
<b>1</b>		<b>4,307480</b>	<b>6,502102</b>	<b>3,559118</b>		
<b>2</b>	<b>4,307480</b>		<b>3,882295</b>	0,637956		
<b>3</b>	<b>6,502102</b>	<b>3,882295</b>		<b>3,729185</b>		
<b>4</b>	<b>3,559118</b>	0,637956	<b>3,729185</b>			
<b>RALM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; RALM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=56,58746 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,42	<b>2</b> R:158,64	<b>3</b> R:126,19	<b>4</b> R:113,49	<b>5</b> R:94,509	<b>6</b> R:155,62
<b>1</b>		<b>3,543079</b>	<b>4,717089</b>	<b>5,671210</b>	<b>6,541274</b>	<b>3,559118</b>
<b>2</b>	<b>3,543079</b>		1,941083	<b>3,115675</b>	<b>4,386202</b>	0,194809
<b>3</b>	<b>4,717089</b>	1,941083		0,756725	1,875728	1,666491
<b>4</b>	<b>5,671210</b>	<b>3,115675</b>	0,756725		1,292794	2,705972
<b>5</b>	<b>6,541274</b>	<b>4,386202</b>	1,875728	1,292794		<b>3,894904</b>
<b>6</b>	<b>3,559118</b>	0,194809	1,666491	2,705972	<b>3,894904</b>	

**Tabulka 22. LALM – Kruskal–Wallisův test**

<b>LALM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; LALM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=43,15715 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:226,86	<b>2</b> R:144,12	<b>3</b> R:107,35	<b>4</b> R:155,27		
<b>1</b>		<b>4,103191</b>	<b>6,012130</b>	<b>3,275466</b>		
<b>2</b>	<b>4,103191</b>		<b>3,367574</b>	0,784401		
<b>3</b>	<b>6,012130</b>	<b>3,367574</b>		<b>3,472644</b>		
<b>4</b>	<b>3,275466</b>	0,784401	<b>3,472644</b>			
<b>LALM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; LALM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=53,10392 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:226,86	<b>2</b> R:160,02	<b>3</b> R:117,33	<b>4</b> R:120,71	<b>5</b> R:93,518	<b>6</b> R:155,27
<b>1</b>		<b>3,167393</b>	<b>4,818335</b>	<b>5,019983</b>	<b>6,279239</b>	<b>3,275466</b>
<b>2</b>	<b>3,167393</b>		2,552862	2,712515	<b>4,547873</b>	0,306236
<b>3</b>	<b>4,818335</b>	2,552862		0,201386	1,409942	2,147793
<b>4</b>	<b>5,019983</b>	2,712515	0,201386		1,851701	2,219699
<b>5</b>	<b>6,279239</b>	<b>4,547873</b>	1,409942	1,851701		<b>3,935407</b>
<b>6</b>	<b>3,275466</b>	0,306236	2,147793	2,219699	<b>3,935407</b>	



**Tabulka 23. TLM – Kruskal–Wallisův test**

<b>TLM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; TLM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=47,67281 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,47	<b>2</b> R:145,30	<b>3</b> R:106,26	<b>4</b> R:152,92		
<b>1</b>		<b>4,372753</b>	<b>6,399430</b>	<b>3,685185</b>		
<b>2</b>	<b>4,372753</b>		<b>3,574845</b>	0,536645		
<b>3</b>	<b>6,399430</b>	<b>3,574845</b>		<b>3,381564</b>		
<b>4</b>	<b>3,685185</b>	0,536645	<b>3,381564</b>			
<b>TLM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; TLM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=55,62615 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:233,47	<b>2</b> R:160,44	<b>3</b> R:119,77	<b>4</b> R:116,56	<b>5</b> R:95,598	<b>6</b> R:152,92
<b>1</b>		<b>3,460580</b>	<b>5,001697</b>	<b>5,528707</b>	<b>6,492595</b>	<b>3,685185</b>
<b>2</b>	<b>3,460580</b>		2,432113	<b>3,027879</b>	<b>4,434576</b>	0,484692
<b>3</b>	<b>5,001697</b>	2,432113		0,191417	1,431407	1,876769
<b>4</b>	<b>5,528707</b>	<b>3,027879</b>	0,191417		1,427620	2,335444
<b>5</b>	<b>6,492595</b>	<b>4,434576</b>	1,431407	1,427620		<b>3,653404</b>
<b>6</b>	<b>3,685185</b>	0,484692	1,876769	2,335444	<b>3,653404</b>	

**Tabulka 24. RLLM – Kruskal–Wallisův test**

<b>RLLM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; RLLM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=55,95365 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:231,39	<b>2</b> R:154,80	<b>3</b> R:100,87	<b>4</b> R:147,56		
<b>1</b>		<b>3,798047</b>	<b>6,565794</b>	<b>3,835399</b>		
<b>2</b>	<b>3,798047</b>		<b>4,939008</b>	0,510130		
<b>3</b>	<b>6,565794</b>	<b>4,939008</b>		<b>3,383281</b>		
<b>4</b>	<b>3,835399</b>	0,510130	<b>3,383281</b>			
<b>RLLM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; RLLM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=76,20249 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:231,39	<b>2</b> R:180,68	<b>3</b> R:111,19	<b>4</b> R:113,32	<b>5</b> R:87,982	<b>6</b> R:147,56
<b>1</b>		2,402923	<b>5,287736</b>	<b>5,583471</b>	<b>6,753136</b>	<b>3,835399</b>
<b>2</b>	2,402923		<b>4,155794</b>	<b>4,647980</b>	<b>6,339468</b>	2,135301
<b>3</b>	<b>5,287736</b>	<b>4,155794</b>		0,127166	1,373990	2,059009
<b>4</b>	<b>5,583471</b>	<b>4,647980</b>	0,127166		1,725557	2,198941
<b>5</b>	<b>6,753136</b>	<b>6,339468</b>	1,373990	1,725557		<b>3,796764</b>
<b>6</b>	<b>3,835399</b>	2,135301	2,059009	2,198941	<b>3,796764</b>	

**Tabulka 25. LLLM – Kruskal–Wallisův test**

<b>LLLM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; LLLM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=56,94641 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:234,33	<b>2</b> R:153,70	<b>3</b> R:101,02	<b>4</b> R:148,30		
<b>1</b>		<b>3,998673</b>	<b>6,706417</b>	<b>3,936049</b>		
<b>2</b>	<b>3,998673</b>		<b>4,824514</b>	0,380232		
<b>3</b>	<b>6,706417</b>	<b>4,824514</b>		<b>3,426426</b>		
<b>4</b>	<b>3,936049</b>	0,380232	<b>3,426426</b>			
<b>LLLM (kg)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; LLLM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=76,01660 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:234,33	<b>2</b> R:179,17	<b>3</b> R:110,77	<b>4</b> R:112,05	<b>5</b> R:89,598	<b>6</b> R:148,30
<b>1</b>		2,613924	<b>5,435487</b>	<b>5,782640</b>	<b>6,815690</b>	<b>3,936049</b>
<b>2</b>	2,613924		<b>4,090359</b>	<b>4,631334</b>	<b>6,125780</b>	1,990062
<b>3</b>	<b>5,435487</b>	<b>4,090359</b>		0,076320	1,253764	2,124608
<b>4</b>	<b>5,782640</b>	<b>4,631334</b>	0,076320		1,529190	2,328148
<b>5</b>	<b>6,815690</b>	<b>6,125780</b>	1,253764	1,529190		<b>3,741213</b>
<b>6</b>	<b>3,936049</b>	1,990062	2,124608	2,328148	<b>3,741213</b>	

**Tabulka 26. FFMI – Kruskal–Wallisův test**

<b>FFMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; FFMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=35,89807 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:196,36	<b>2</b> R:150,11	<b>3</b> R:105,10	<b>4</b> R:160,67		
<b>1</b>		2,293870	<b>4,590974</b>	1,633031		
<b>2</b>	2,293870		<b>4,121657</b>	0,743293		
<b>3</b>	<b>4,590974</b>	<b>4,121657</b>		<b>4,027070</b>		
<b>4</b>	1,633031	0,743293	<b>4,027070</b>			
<b>FFMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; FFMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=45,48738 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:196,36	<b>2</b> R:152,29	<b>3</b> R:146,43	<b>4</b> R:127,29	<b>5</b> R:82,116	<b>6</b> R:160,67
<b>1</b>		2,088386	2,196532	<b>3,266193</b>	<b>5,379889</b>	1,633031
<b>2</b>	2,088386		0,350415	1,724735	<b>4,799068</b>	0,540138
<b>3</b>	2,196532	0,350415		1,140689	<b>3,808240</b>	0,806062
<b>4</b>	<b>3,266193</b>	1,724735	1,140689		<b>3,076768</b>	2,143511
<b>5</b>	<b>5,379889</b>	<b>4,799068</b>	<b>3,808240</b>	<b>3,076768</b>		<b>5,006228</b>
<b>6</b>	1,633031	0,540138	0,806062	2,143511	<b>5,006228</b>	

**Tabulka 27. BFMI – Kruskal–Wallisův test**

<b>BFMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BFMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=10,87274 p=,0124			
<b>Herní post</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	R:193,44	R:136,51	R:129,12	R:129,39
<b>1</b>		<b>2,823468</b>	<b>3,236011</b>	<b>2,930560</b>
<b>2</b>	<b>2,823468</b>		0,676988	0,501269
<b>3</b>	<b>3,236011</b>	0,676988		0,019602
<b>4</b>	<b>2,930560</b>	0,501269	0,019602	

<b>BFMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BFMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=13,76547 p=,0172					
<b>Herní post</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	R:193,44	R:139,20	R:131,97	R:140,98	R:116,83	R:129,39
<b>1</b>		2,570198	2,704197	2,480888	<b>3,607818</b>	2,930560
<b>2</b>	2,570198		0,432488	0,122782	1,530092	0,632711
<b>3</b>	2,704197	0,432488		0,537176	0,896573	0,146206
<b>4</b>	2,480888	0,122782	0,537176		1,644892	0,744649
<b>5</b>	<b>3,607818</b>	1,530092	0,896573	1,644892		0,800387
<b>6</b>	2,930560	0,632711	0,146206	0,744649	0,800387	

**Tabulka 28. BCMI – Kruskal–Wallisův test**

<b>BCMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BCMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=29,94164 p=,0000			
<b>Herní post</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	R:191,61	R:149,63	R:107,73	R:156,91
<b>1</b>		2,082048	<b>4,219854</b>	1,587535
<b>2</b>	2,082048		<b>3,837214</b>	0,512651
<b>3</b>	<b>4,219854</b>	<b>3,837214</b>		<b>3,564487</b>
<b>4</b>	1,587535	0,512651	<b>3,564487</b>	

<b>BCMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BCMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=38,10476 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	R:191,61	R:150,14	R:148,77	R:128,33	R:86,393	R:156,91
<b>1</b>		1,965306	1,884517	<b>2,992648</b>	<b>4,954810</b>	1,587535
<b>2</b>	1,965306		0,081580	1,504820	<b>4,359366</b>	0,436797
<b>3</b>	1,884517	0,081580		1,218683	<b>3,693723</b>	0,460813
<b>4</b>	<b>2,992648</b>	1,504820	1,218683		2,855952	1,835857
<b>5</b>	<b>4,954810</b>	<b>4,359366</b>	<b>3,693723</b>	2,855952		<b>4,494306</b>
<b>6</b>	1,587535	0,436797	0,460813	1,835857	<b>4,494306</b>	

**Tabulka 29.** BMI – Kruskal–Wallisův test

<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=36,10840 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:207,44	<b>2</b> R:150,40	<b>3</b> R:106,54	<b>4</b> R:151,97		
<b>1</b>		<b>2,828744</b>	<b>5,076166</b>	2,538124		
<b>2</b>	<b>2,828744</b>		<b>4,017188</b>	0,109971		
<b>3</b>	<b>5,076166</b>	<b>4,017188</b>		<b>3,292286</b>		
<b>4</b>	2,538124	0,109971	<b>3,292286</b>			
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BMI Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=46,88717 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:207,44	<b>2</b> R:153,13	<b>3</b> R:145,81	<b>4</b> R:130,01	<b>5</b> R:82,232	<b>6</b> R:151,97
<b>1</b>		2,573812	2,711110	<b>3,661904</b>	<b>5,896346</b>	2,538124
<b>2</b>	2,573812		0,437324	1,595248	<b>4,848508</b>	0,074811
<b>3</b>	2,711110	0,437324		0,942195	<b>3,764992</b>	0,348305
<b>4</b>	<b>3,661904</b>	1,595248	0,942195		<b>3,253803</b>	1,410317
<b>5</b>	<b>5,896346</b>	<b>4,848508</b>	<b>3,764992</b>	<b>3,253803</b>		<b>4,444357</b>
<b>6</b>	2,538124	0,074811	0,348305	1,410317	<b>4,444357</b>	

**Tabulka 30.** ECM/BCM – Kruskal–Wallisův test

<b>ECM/BCM</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; ECM/BCM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=20,44195 p=,0001					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:183,83	<b>2</b> R:140,54	<b>3</b> R:114,53	<b>4</b> R:161,78		
<b>1</b>		2,147145	<b>3,486366</b>	1,009048		
<b>2</b>	2,147145		2,381709	1,495030		
<b>3</b>	<b>3,486366</b>	2,381709		<b>3,424180</b>		
<b>4</b>	1,009048	1,495030	<b>3,424180</b>			
<b>ECM/BCM</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; ECM/BCM Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=27,85369 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:183,83	<b>2</b> R:155,49	<b>3</b> R:115,33	<b>4</b> R:123,78	<b>5</b> R:104,96	<b>6</b> R:161,78
<b>1</b>		1,342969	<b>3,013524</b>	2,840089	<b>3,714426</b>	1,009048
<b>2</b>	1,342969		2,401836	2,188479	<b>3,456169</b>	0,405256
<b>3</b>	<b>3,013524</b>	2,401836		0,503553	0,614246	2,629633
<b>4</b>	2,840089	2,188479	0,503553		1,281765	2,440780
<b>5</b>	<b>3,714426</b>	<b>3,456169</b>	0,614246	1,281765		<b>3,621436</b>
<b>6</b>	1,009048	0,405256	2,629633	2,440780	<b>3,621436</b>	

**Tabulka 31. BMR – Kruskal–Wallisův test**

<b>BMR (kcal)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BMR Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=57,69217 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:236,33	<b>2</b> R:151,96	<b>3</b> R:101,07	<b>4</b> R:151,02		
<b>1</b>		<b>4,184379</b>	<b>6,804603</b>	<b>3,903007</b>		
<b>2</b>	<b>4,184379</b>		<b>4,660316</b>	0,065826		
<b>3</b>	<b>6,804603</b>	<b>4,660316</b>		<b>3,620220</b>		
<b>4</b>	<b>3,903007</b>	0,065826	<b>3,620220</b>			
<b>BMR (kcal)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; BMR Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=71,31629 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:236,33	<b>2</b> R:171,44	<b>3</b> R:119,11	<b>4</b> R:115,19	<b>5</b> R:86,446	<b>6</b> R:151,02
<b>1</b>		<b>3,074921</b>	<b>5,156465</b>	<b>5,728827</b>	<b>7,058292</b>	<b>3,903007</b>
<b>2</b>	<b>3,074921</b>		<b>3,129237</b>	<b>3,881495</b>	<b>5,812757</b>	1,316316
<b>3</b>	<b>5,156465</b>	<b>3,129237</b>		0,233952	1,934414	1,806407
<b>4</b>	<b>5,728827</b>	<b>3,881495</b>	0,233952		1,957549	2,301448
<b>5</b>	<b>7,058292</b>	<b>5,812757</b>	1,934414	1,957549		<b>4,115578</b>
<b>6</b>	<b>3,903007</b>	1,316316	1,806407	2,301448	<b>4,115578</b>	

**Tabulka 32. Fitness skóre – Kruskal–Wallisův test**

<b>Fitness skóre (bodů)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; Fitness skóre Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (3, N=271)=39,74254 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:207,58	<b>2</b> R:149,39	<b>3</b> R:104,76	<b>4</b> R:158,52		
<b>1</b>		<b>2,885752</b>	<b>5,172513</b>	2,244560		
<b>2</b>	<b>2,885752</b>		<b>4,087310</b>	0,642523		
<b>3</b>	<b>5,172513</b>	<b>4,087310</b>		<b>3,896129</b>		
<b>4</b>	2,244560	0,642523	<b>3,896129</b>			
<b>Fitness Skóre (bodů)</b>	Vícenásobné porovnání z' hodnot; Fitness skóre Nezávislá (grupovací) proměnná: herní post Kruskal-Wallisův test: H (5, N=271)=49,63351 p=,0000					
<b>Herní post</b>	<b>1</b> R:207,58	<b>2</b> R:153,43	<b>3</b> R:142,59	<b>4</b> R:126,91	<b>5</b> R:81,821	<b>6</b> R:158,52
<b>1</b>		2,565937	2,859245	<b>3,814824</b>	<b>5,922227</b>	2,244560
<b>2</b>	2,565937		0,648645	1,829852	<b>4,897461</b>	0,328138
<b>3</b>	2,859245	0,648645		0,934222	<b>3,598133</b>	0,902215
<b>4</b>	<b>3,814824</b>	1,829852	0,934222		<b>3,071002</b>	2,030140
<b>5</b>	<b>5,922227</b>	<b>4,897461</b>	<b>3,598133</b>	<b>3,071002</b>		<b>4,888335</b>
<b>6</b>	2,244560	0,328138	0,902215	2,030140	<b>4,888335</b>	