

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

Indexy tělesného složení u fotbalistů prvoligového týmu

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Tomáš Palinek

Obor: Tělesná výchova–Aplikovaná ekonomie

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Marek

Olomouc 2020

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Tomáš Palinek

**Název diplomové práce:** Indexy tělesného složení u fotbalistů prvoligového týmu

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Pavel Marek

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2020

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá tématem tělesného složení u prvoligových fotbalistů. Během výzkumu proběhly tři série měření po 27, 21 a 22 hráčích. První série proběhla v lednu, druhá v červnu a třetí v prosinci. Každá skupina se nacházela v jiné části tréninkového procesu. Měření proběhlo bioelektrickou impedanční analýzou s využitím multifrekvenčního přístroje InBody 720. Vybrané hodnoty tělesného složení byly statisticky zpracovány, vyhodnoceny a porovnány mezi jednotlivými skupinami. K porovnávaným hodnotám patří celková tělesná voda, extracelulární a intracelulární voda, tukuprostá hmota, tělesný tuk a jeho procentní zastoupení, fat free mass index, body fat mass index a protein fat index. Z výsledků vyplynulo, že sledované parametry byly v různých fázích tréninkového cyklu ve většině případů jen s mírnými rozdíly.

### **Klíčová slova:**

Fotbal, bioelektrická impedance, Inbody 720, muži, analýza těla

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovnických služeb.

**Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Tomáš Palinek

**Title of the master thesis:** Body composition index of the professional football players

**Department:** Department of Natural Science in Kinanthropology

**Supervisor:** Mgr. Pavel Marek

**The year of presentation:** 2020

**Abstract:** This bachelor's thesis is focused on a body composition of professional football players. Three series of measurements were done with 27, 21 and 22 players respectively. The first series took place in January, the second in June and the third in December of year 2017. The measurement was performed by bioelectrical impedance analysis using a multifrequency device InBody 720 to get the most accurate information with each group to have a different starting position in training process. The compared values included total body water, extracellular and intracellular water, fat-free mass, body fat and its percentage, fat free mass index, body fat mass index and protein fat index. After that the results of body composition were statistically processed, evaluated and compared between the groups.

**Keywords:**

Football, bioelectrical impedance, InBody 720, men, body analysis

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Pavla Marka, uvedl jsem všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 26. 6. 2020

.....

Děkuji Mgr. Pavlu Markovi za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování bakalářské práce.

## Obsah

1	ÚVOD .....	7
2	PŘEHLED POZNATKŮ .....	9
2.1	FOTBAL .....	9
2.1.1	Historie fotbalu .....	9
2.1.2	Fotbal v České republice .....	10
2.2	FYZIOLOGIE ZÁTĚŽE Z POHLEDU FOTBALISTY .....	11
2.2.1	Výživa a pitný režim sportovce .....	12
2.2.2	Výživa fotbalistů .....	13
2.2.3	Pitný režim u fotbalistů .....	15
2.3	ANALÝZA SLOŽENÍ TĚLA .....	16
2.4	METODY ODHADU TĚLESNEHO SLOŽENÍ .....	16
2.4.1	Laboratorní metody .....	17
2.4.2	Terénní metody .....	17
2.4.3	BIA–Bioelektrická impedance .....	18
3	CÍLE .....	25
4	METODIKA .....	26
4.1	SOUBOR .....	26
4.2	MĚŘENÍ DAT .....	26
4.3	STATISTICKE ZPRACOVÁNÍ DAT .....	27
5	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	30
6	ZÁVĚRY .....	44
7	SOUHRN .....	46
8	SUMMARY .....	48
9	REFERENČNÍ SEZNAM .....	50

## ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá vybranými parametry tělesného složení dospělých fotbalistů prvoligového A-týmu, které se vyhodnocovaly bioelektrickou impedanční analýzou prostřednictvím přístroje InBody 720. Fotbalisté vrcholových mužských A-týmů by měli být svými výkony, schopnostmi i tělesným složením naprostou elitou a špičkou mezi sportovci fotbalového odvětví. Jedná se především o hráče věkové kategorie kolem 25 let, kteří již mají dokončený tělesný vývoj, a je tedy možné tyto hráče zatížit na všech oblastech sportovního tréninku s přínosem maximálních výsledků. Pro tyto hráče je velice důležité vyladit veškeré komponenty sportovní přípravy, zdravého životního stylu, který zahrnuje i vyváženou stravu, aby dosáhli svých maximálních výsledků, jelikož pro většinu hráčů je aktivní sportovní činnost i povoláním.

Fotbal je sportovním odvětvím, při kterém jsou hráči vystavováni obrovské fyzické zátěži všestranného zaměření. Je nutné, aby měli fotbalisté rozvinuty všechny složky kondičních schopností, technických schopností, a i vysokou úroveň psychických schopností, nezanedbatelnou složkou jsou také technické a taktické dovednosti, které by v tomto věku měly být již na špičkové úrovni. Fotbalisté by měli také splňovat konkrétní parametry tělesného složení. Zabýváme se především množstvím tělesného tuku a množstvím tukuprosté hmoty a vzájemným poměrem mezi nimi. Klíčová je také stavba těla jednotlivých hráčů, protože na základě výškových a hmotnostních parametrů se umožňuje již v mládežnické kategorii určit, jaké má hráč přednosti a na jakou pozici by se nejvíce hodil, aby bylo možné již od žákovských kategorií pracovat na taktické přípravě. Hráči jednotlivých pozic (útočník, záložník, obránce a brankář) by měli splňovat určité požadavky co se týče výšky, hmotnostních parametrů, množství tuku v těle a tukuprosté hmoty. I když se v dnešní době klade důraz převážně na univerzální zaměření hráčů, není na základě určitých tělesných parametrů možné, aby bylo možné uhrát všechny posty excelentně.

Samotné složení těla fotbalistů, které vyhodnocujeme v této bakalářské práci, může svou proporcí ovlivnit výkon ve hře, a tedy i ovlivnit celkový výsledek utkání týmu. Množství tělesného tuku v těle výrazně ovlivňuje sílu, rychlost i vnitřní teplotu těla hráče, což jsou faktory, které mimo jiné rozhodují o daném sportovním výkonu. Množství tělesného tuku slouží obecně jako indikátor zdraví a užívá se také jako základní kritérium pro předpoklad předvádění optimálních a stabilních výkonů u vysoce trénovaných sportovců (Orhan, Sağır, &

Zorba, 2013). Tělesné složení má významný vliv na sportovní výkon. Tento vztah funguje i naopak, tedy že pohybová aktivita má potenciál měnit tělesné složení (Andreoli et al., 2003).

U vrcholových sportovců je charakteristické, že se v průběhu dlouholeté specializované sportovní přípravy u všech jedinců objevují podobné somatické znaky typické pro dané sportovní odvětví, kterému se věnují (Přidalová & Zapletalová, 1997). Systematické sledování tělesného složení nám může pomoci sledovat změny jednotlivých parametrů v rámci ročního tréninkového cyklu, nebo i jako indikátor tělesné zdatnosti a celkového zdraví (Warner, Fornetti, Jallo, & Pivarnik, 2004). Tuková tkáň by mohla v nadměrném množství být sportovci na obtíž, jelikož tělo sportovce je nuceno neustále překonávat gravitaci při pohybu po hřišti. Během pohybové činnosti tak nastávají permanentní zvýšené nároky na energetický výdej, což obecně snižuje výkonnost sportovce (Carbuhn, Fernandez, Bragg, Green, & Crouse, 2010).



## **PŘEHLED POZNATKŮ**

### **1.1 Fotbal**

Míčová hra fotbal pochází z anglického slova football (foot = noha, ball = míč). Někdy je fotbal nazýván také jako kopaná. Jedná se o nejrozšířenější a nejpopulárnější kolektivní sport na světě. Princip této hry je založen na tom, že dva týmy hrají na obdélníkovém travnatém hřišti v počtu 11 hráčů na každé straně. Cílem každého týmu je, aby daly více branek (gólů), než soupeř. Gól padne ve chvíli, kdy míč protne brankovou čáru mezi tyčemi fotbalové branky celým svým objemem. Fotbal se hraje převážně nohama, lze však použít i jinou část těla, kromě rukou a paží. Pouze brankář má dovoleno ve vymezeném území používat ruce a paže. Další výjimkou je vhazování míče ze zázemí, kdy hráči musí míč vhodit do hry oběma rukama (Psotta, 2006).

Utkání, nebo tréninku se vždy účastní dva týmy, na které dohlíží celkem tři rozhodčí. Jeden hlavní rozhodčí se pohybuje na fotbalovém hřišti mezi hráči a je plně odpovědný k tomu, aby řídil zápas. Má píšťalku, kterou signalizuje například začátek nebo přerušeni či konec zápasu. Na kraji hracího hřiště u delších okrajů stojí dva asistenti rozhodčího, kteří řeší převážně porušení pravidel, ale nemohou sami rozhodovat o zápasu. Tuto pravomoc má jen hlavní rozhodčí. (Procházka, 1987). Fotbal je velmi oblíbený jak u mužů, tak i u žen i dětí. Na světě ho hrají miliony hráčů. Také pro diváky je to velmi atraktivní sport, který sleduje v televizi nebo na internetu několik miliónů diváků. Vrcholový fotbal je také velmi fyzicky náročný, hráči musí mít určité schopnosti a hlavně musí mít specifickou fyzickou kondici (Novák, 2013).

#### **1.1.1 Historie fotbalu**

Hra, která byla podobná fotbalu, existovala už v době starověku. Nejstarší dochované záznamy o ní jsou z Číny, z 2. st. př. n. l. Tato hra se nazývala cchu-t'ü. Také ve starověku se v Římě nebo Řecku hrály různé míčové hry, kdy některé se také hrály nohama. Předchůdcem fotbalu by tak mohla být hra harpastum, kterou hráli v Římském impériu. I ve středověku se hrály hry nohama, které připomínaly fotbal. Dnešní podoba fotbalu vznikla pravděpodobně v Anglii v 16. století. V té době však byla různá pravidla, podle toho, kde se fotbal zrovna hrál. Postupem času tak došlo k vývoji dvou hlavních proudů raného fotbalu. První proud umožňoval používání rukou, kdežto druhý se vymezoval pouze na používání nohou (Votík, 2005).

Současná podoba fotbalu se začala objevovat v 60. letech 19. století. V té době sice fotbal připomínal určité míčové hry, ale začal se pomalu formulovat do formy v jaké ho známe dnes. Klíčové bylo sepsání společných pravidel fotbalu, ke kterému došlo konkrétně v roce 1863, kdy vzniklo první fotbalové sdružení ve světě–Fotbalová asociace. Pravidla mimo jiné dovozovala i pohyb s míčem v ruce, dokonce v souladu s pravidly bylo podrážet hráče, který držel míč (Votík, Zalabák, Bursová, & Šrámková, 2011).

V roce 1904 pak vznikla Mezinárodní fotbalová asociace, která existuje pod zkratkou FIFA (Fédération Internationale de Football Association). Přibývalo stále více nových hráčů, vznikaly různé federace, svazy a kluby. Fotbal se začal rozšiřovat po celé Evropě, často se hrál v zemích jako je Dánsko, Německo, Francie, Nizozemsko, ale i v Československu. Fotbal se začal hrát i na olympijských hrách a v roce 1911 se konalo první mistrovství Evropy amatérských fotbalistů, kde zvítězil právě tým našich reprezentantů. První mistrovství světa probíhalo v roce 1930, pořádala ho Uruguay. Od toho roku se hraje mistrovství světa ve fotbale pravidelně každé 4 roky (výjimkou jsou roky 1942 a 1946) (Procházka, 1987). Pod mezinárodní fotbalovou asociací spadá také UEFA (Union of European Football Associations), která byla založena v roce 1954. UEFA je největší federací a jedná se o Unii evropských fotbalových asociací. Stará se o pořádání evropských klubových a reprezentačních soutěží. Od roku 1960 pořádá mistrovství Evropy ve fotbale, které se koná ob 4 roky. Má také na starosti Ligu mistrů UEFA, kde proti sobě hrají nejlepší evropské klubové týmy. Další významnou evropskou soutěží je Evropská liga neboli Pohár UEFA. Evropských klubových soutěží se během sezóny účastní zástupci jednotlivých zemí. U nás patří mezi úspěšné kluby, které si zahrály tyto evropské klubové soutěže především AC Sparta Praha a SK Slavia Praha, nebo FC Viktoria Plzeň (Macho, 2019).

### **1.1.2 Fotbal v České republice**

V Čechách a na Moravě se začal hrát fotbal převážně na konci 19. století, a to hlavně v cykloklubech nebo v různých studentských spolcích. První fotbalové utkání se konalo v Čechách v roce 1887 v Roudnici. Za otce českého fotbalu je považován Josef Rösler-Ořovský, který se naučil hrát fotbal v Londýně a díky němuž došlo k přeložení anglických pravidel se všemi změnami a doplňky. V roce 1893 pak vznikl například u nás nejznámější klub Slavia Praha, o rok později druhý nejznámější klub Sparta Praha (Votík et al., 2011).

System fotbalových soutěží v ČR rozděluje mužské fotbalové kluby mezi několik úrovní. Nejvyššími soutěžemi jsou celostátní profesionální soutěže–1. a 2. liga, dále následují soutěže Čech, Moravy a Slezska, krajské soutěže a úplně nejnižší jsou postavené soutěže

organizované okresními fotbalovými svazy. Nejvyšší liga se nazývá Fortuna Liga (v minulosti známa jako Gambrinus Liga, Synot liga, HET liga atd.). Konkrétní názvy vycházely z názvů společnosti hlavního sponzora. Nejvyšší liga se hraje již od roku 1993/1994, kdy se jí účastnilo celkem 10 týmů, které hrály v posledním ročníku československé ligy a také 6 nejlepších týmů, které byly v posledním ročníku tehdejší Českomoravské fotbalové ligy. První ligu v ČR pořádá Ligová fotbalová asociace a hraje se každý rok, s tím, že je soutěž rozdělená na dvě soutěžní části – podzimní a jarní. První ligu se účastní vždy 16 týmů, které hrají nejdříve základní část, kde hraje každý s každým, jednou na domácím hřišti a jednou u soupeře. Celkem se v základní části ligového ročníku odehraje 240 zápasů. Po základní části jsou týmy rozděleny do tří skupin podle toho, jak se umístily v tabulce za celou uplynulou sezónu. Mistrovský titul získává první tým s nejvíce body, v případě stejného počtu bodů rozhodují vzájemné zápasy, celkové skóre a počet vstřelených branek. Podle umístění v ligovém ročníku jsou nejlepší týmy ligy nasazovány do evropských soutěží. O soutěži (Evropská liga, Liga mistrů) a počtu postupujících týmů rozhoduje vždy tzv. koeficient. Ten rozhoduje také o tom, zda tým postoupí přímo do hlavní soutěže evropského poháru nebo pouze do její kvalifikace (Psotta, 2006).

Nejvyšší česká fotbalová liga (Fortuna liga) má v sezóně 2019/2020 aktuálně zastoupených 16 týmů, mezi které patří SK Slavia Praha, FC Viktora Plzeň, FK Jablonec, FC Baník Ostrava, FK Mladá Boleslav, 1. FC Slovácko, FC Slovan Liberec, SK Dynamo České Budějovice, AC Sparta Praha, SK Sigma Olomouc, Bohemians Praha, FK Teplice, MFK Karviná, FC FASTAV Zlín, Slezský FC Opava a 1. FK Příbram. Aktuálním nejlepším týmem ve Fortuna lize je pražská Slavia (FORTUNA:LIGA, 2020).

## **1.2 Fyziologie zátěže z pohledu fotbalisty**

Fotbal je jedním z nejnáročnějších sportů, co se týče fyzické kondice a aktivity na hřišti. Je kladen obrovský důraz na schopnosti jednotlivých hráčů, na kondiční schopnosti hráčů, a především na taktické, psychické a technické dovednosti hráčů (Vaidová & Kaplan, 2012). Jedná se o velmi fyzicky náročný sport, který střídá různé intervaly intenzity od nízké (chůze apod.) až po maximální intenzitu. Obecně během utkání uběhnou hráči průměrně 8–15 km v závislosti na typu pozice (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2010).

Fotbal zahrnuje fáze hry s vysokou intenzitou pohybu a fáze hry s nižší intenzitou pohybu. Fyziologické požadavky vyžadují, aby byli hráči kompetentní v několika aspektech fyzické zdatnosti, mezi něž patří například aerobní i anaerobní schopnosti, síla svalů, pružnost a obratnost. Tyto atributy se často liší podle jednotlivých hráčů a stylu hry týmu (Svensson &

Drust, 2005). Každá herní pozice vyžaduje po hráčích kondiční schopnosti ve všech aspektech. V současném fotbale tvoří hru hlavně krajní obránci, kteří podporují ofenzivní činnosti. Podle Wonga, Chamariho, Dellala a Wisløffa (2011) se pozice záložníka naběhá nejvíce ze všech hráčských pozic. Odhaduje se, že muži fotbalisti naběhají za jeden zápas až 15 km, co se týče hráčů do 18 let, tam je průměr asi 9 km za utkání.

Odlišnosti a rozdíly, co se týče pohybových nároků u všech hráčských pozic, jsou jasné především dle celkových odběhaných kilometrů, práce s míčem a intenzitou pohybu. Středoví hráči v porovnání s obránci a útočníky mají vyšší běžeckou aktivitu. Středoví hráči se totiž musí během hry zapojovat do obrany i do útoku a tím pádem nemají tolik prostoru pro odpočinek během celého utkání. Zotavují se tak především ve chvíli, kdy běží nízkou rychlostí (v poklusu). Jsou potom tedy více tělesně unaveni než ostatní hráči. Středoví hráči mají vyšší běžeckou aktivitu ve středních a vyšších rychlostech, oproti tomu útočníci mnohem více sprintují. Takový počet sprintů je v jednom utkání o 40–45 % vyšší než u středových hráčů a zároveň je o 15–60 % vyšší než hráčů obránců (Psotta, 2006).

Samotné fotbalové utkání je pak pro hráče velkou zátěží, kdy hráč často mění určitý směr a rychlost běhu, vyskakuje za míčem, prudce zastavuje či vykonává prudké kopy do míče. Intenzita tempa je změněna u hráče fotbalu v průměru každých 5–6 vteřin. Celkové zatížení a výkon hráčů se skládá z 900–1100 intervalů různých činností (Psotta, 2006). Mezi nejvyužívanější schopnosti fotbalistů patří tedy rychlostní, silové a vytrvalostní schopnosti. Aby došlo k preciznímu provedení všech těchto schopností, musí se rozvíjet pohybové schopnosti na optimální úrovni. Aby bylo dosaženo optimálního rozvoje pohybových schopností, musí se provádět kondiční příprava–složka sportovního tréninku (Vaidová & Kaplan, 2012).

Důležitou součástí života každého fotbalisty je absolvování sportovního tréninku. Jedná se o biologicko-psycho-sociální adaptaci na určité zatížení, díky které dochází k připravenosti a rozvoji funkčního, neuro-muskulárního a psycho-sociálního zdokonalování veškerých mechanismů uvnitř organismus a ke zdokonalení a rozvoji pohybového aparátu (Dovalil, 2009).

### **1.2.1 Výživa a pitný režim sportovce**

Co se týče výživy a pitného režimu u sportovců, je velmi důležité uvědomit si, o jaký sportovní výkon se jedná, k jaké fyzické zátěži následuje, a jak dlouho bude fyzický výkon probíhat. Je třeba brát ohled i na to, o jakého sportovce se jedná (pohlaví, věk, fyzické a psychické podmínky atd.).

Strava před zátěží je velmi důležitým krokem. Je třeba rozlišovat závody, zápasy, trénink nebo rekreační sport. Například před závodem či zápasem je nutné doplnit energii, aby nedošlo k celkovému vyčerpání organismu. U vytrvalostních sportů musí být doplněno vhodné množství bílkovin, tuků i sacharidů. Právě polysacharidy mají nízký glykemický index, a tím pádem dochází k postupnému uvolňování energie. Sportovci musí řešit také přísun bílkovin, které mohou urychlit regeneraci svalové tkáně po zátěži. Zaměřit by se měli také na správné množství tuků, těch nenasycených. Poslední jídlo by měl sportovec sníst cca 3–4 hodiny před výkonem tak, aby došlo k účinnému vstřebávání a trávení. Odborníci doporučují konzumovat ovesné vločky, ovoce, rýži nebo piškoty. Sacharidy by měly být v poměru asi 5 gramů na kilogram hmotnosti sportovce. Hodinu před zátěží by mělo dojít k doplnění cukrů s vysokým glykemickým indexem. Je třeba doplňovat i vhodné množství tekutin a minerálů (Fořt, 2004).

Strava během zátěže může ovlivnit mnoho faktorů. Jde například o typ a délku sportovního výkonu, nutriční stav sportovce, klimatické podmínky nebo fyziologické či biochemické vlastnosti každého sportovce. Tyto faktory totiž mohou pozitivně či negativně ovlivnit výkon sportovce. Během zátěže by mělo dojít k omezení tuků a bílkovin. Nejdůležitější je podávat sportovci sacharidy, vodu a ionty, které se z organismu vytrácí díky pocení. Pokud dochází k nadměrnému pocení, je nutné doplnit sodík. Sportovec by měl konzumovat během výkonu především různé ovoce, nebo energetické tyčinky (Maughan & Burke, 2006).

Co se týče pitného režimu sportovců, ten slouží převážně jako vhodné prostředí pro biochemické procesy, které probíhají v těle sportovce. Doporučené množství tekutin pro dospělého sportovce je 30–45 ml na kilogram tělesné hmotnosti. Množství se samozřejmě může lišit v závislosti na ročním období, nebo na fyzické námaze. Na množství vody také působí mnoho faktorů, kterými je například hmotnost, pohlaví, zdravotní stav, požití alkoholu nebo druh a typ fyzické zátěže. Voda potom z těla sportovce vychází v podobě moči, stolice, nebo při pocení, kdy dochází k vysoké zvýšené fyzické aktivitě. Profesionální sportovci mohou konzumovat i jiné nápoje než jen vodu, nebo neslazené čaje. Těmito zvláštními nápoji podporují výkon a také rehydrataci (Vilikus, 2015).

### **1.2.2 Výživa fotbalistů**

V první řadě je potřeba si uvědomit, že fotbalisté potřebují nejčastěji během utkání konzumovat sacharidy. Ty jsou totiž nejlepším zdrojem pro energii a práci jejich svalů. Zároveň prospívají zdraví fotbalistů. Musí se však jednat o sacharidy, které nejsou tolik

průmyslově zpracovávané (ovoce, zelenina, celozrnné výrobky atd.). Fotbalisté by měli užívat i odpovídající množství bílkovin a zdravých tuků (Clark, 2014).

#### *Denní spotřeba sacharidů u fotbalistů*

Během jednoho zápasu nebo plného tréninku vydají muži fotbalisté cca 1 500 kcal. Měli by tedy jíst různé potraviny, které obsahují dostatek sacharidů, aby z nich obdrželi potřebnou energii pro trénink nebo zápas a nezůstalo tak jejich tělo v kalorickém deficitu. Fotbalisté musí splňovat veškeré nutriční požadavky, které jim umožní dobře manipulovat s energetickou bilancí živin. Nutriční požadavky na fotbalisty slouží také k tomu, aby došlo k dosažení změn v aktivní tělesné hmotě, nebo ke ztrátě tělesného tuku atd. Pokud dojde k tomu, že hráč nebude mít dostatek energie, dojde k narušení hormonální, metabolické a imunitní funkce. Při dlouhodobém hladovění organismu by mohlo dojít i k porušení zdraví kostí (Maughan & Burke, 2006). Adekvátně by měli fotbalisté spotřebovat 5–7 gramů sacharidů na kilogram tělesné váhy v období přípravy (tréninku). Při utkání by potom měli spotřebovat asi 10 gramů sacharidů na kilogram hmotnosti hráče (Maughan & Burke, 2006).

#### *Sacharidy a glykogen*

Sacharidy jsou velmi důležitým substrátem jak pro práci svalů, tak i pro správnou funkci centrální nervové soustavy. Významným střediskem zásobárny energie ve formě glykogenu jsou mimo svalů i játra. Tedy v případě, že dojde k výraznému snížení svalového glykogenu, játra vypustí do krevního oběhu glukózu, která se dopraví na místo potřeby (Botek et al., 2017). Omezené množství sacharidů však určuje to, jak intenzivní zatížení může být a jak dlouhou dobu může trvat. Pokud klesnou zásoby glykogenu příliš nízkou, fotbalista může cítit obrovskou únavu a má pocit, že musí zápas nebo trénink ukončit. Během utkání či tréninku ve vysoké intenzitě je jedním z nejvýznamnějších zdrojů energie právě glykogen (Clark, 2014).

#### *Proteiny*

Jedná se o vysokomolekulární látky přírodního původu složené z aminokyselin (AK), které jsou spojené peptidovou vazbou. Všechny proteiny vznikají kombinací 20 biogenních AK na základě přepisování genetické informace. Zaměření bílkoviny je dáno uspořádáním a skladbou polypeptidového řetězce. Dle běžného doporučení pro racionální stravování by měly bílkoviny tvořit nejmenší podíl z celkového energetického příjmu, cca by tedy bílkoviny měly pokrývat 15–25 % z denního příjmu. Obecně doporučované množství příjmu bílkovin pro sportovce je 1,2–2,0 g/kg/den. Dbát by se mělo především na správné načasování příjmu

bílkovin u fotbalistů, tedy i v případě, že není primárním cílem trénink nárůst svalové hmoty (Botek et al., 2017).

### *Lipidy*

Lipidy jsou látky jak živočišného, tak i rostlinného původu. Mohou se vyskytovat ve skupenství kapalném nebo pevném. Po chemické stránce se jedná o estery vyšších karboxylových kyselin, které mohou být buď nasycené nebo nenasycené. Jsou to látky skládající se stejně jako cukry z molekul uhlíku, vodíku a kyslíku. Jejich hlavním benefitem v lidském těle je hydrofobní, tedy nerozpustnost ve vodě. Tuky se vyskytují v těle ve formě volných mastných kyselin v plazmě, intramuskulárních triglyceridů a tukové tkáně, kde slouží jako energeticky bohatý substrát. Využití lipidů jako energetického zdroje během tréninku je ovlivněno převážně intenzitou a trváním zátěže a závisí také na stavu trénovanosti jedince a jeho složení stravy. Pravidelný vytrvalostní trénink zvyšuje schopnost organismu využívat energetický zdroj tuků i při vyšší intenzitě zatížení (Botek et al., 2017).

### **1.2.3 Pitný režim u fotbalistů**

Při náročném tréninku nebo při utkání v teplém prostředí obvykle dochází ke ztrátám vody z těla hráčů vlivem ochlazování organismu proti přehřátí v rozmezí až 8 % tělesné hmotnosti každého hráče. To může znamenat úbytek i 7 litrů tekutin. Nejvhodnější je využití čisté vody, minerální vody nebo různých sportovních nápojů. Další vhodnou možností jsou vlažné ovocné nebo bylinné čaje, či ředěné džusy v poměru 1:2. Vhodným zdrojem tekutin však nemusí být jen nápoje, ale také potraviny, které obsahují vysoké množství vody (ovoce, zelenina nebo tekutá strava) (Formánek, 2015).

Doporučené množství tekutin během přípravy nebo tréninků a za teplého počasí je cca 3–5 litrů tekutin za den. Vyšší příjem tekutin však může znamenat větší zátěž ledvin. Pokud se zápas nebo trénink koná v tropickém prostředí, je nutné doplnit minerální látky za pomoci různých iontových nápojů a v menším měřítku pak za pomoci minerálních vod. Po tréninku by měli fotbalisté zvolit tekutiny, u kterých je zastoupen i zdroj jednoduchých sacharidů (slazený čaj, džus s vodou atd.). Nápoje v letních dnech by neměly být příliš studené nebo ledové, protože žaludek by musel nejdříve vynaložit energii k ohřátí přijaté tekutiny před jejím trávením, což by opět organismus stálo už tak deficitní kalorie. Tekutina by tedy měla být o teplotě mezi 16–26 °C. V podstatě je však vhodné časté střídání nápojů, kombinace různých typů a zvláště je důležité reagovat na typ tréninku a aktuální nebo předpokládané počasí, ve kterém má sportovní výkon probíhat (Votík et al., 2011).

### **1.3 Analýza složení těla**

Lidské tělo se skládá z pěti různých základních prvků, kterými je tělesná voda, bílkoviny, sacharidy, tuky a minerály. Tyto prvky mají různé poměry, které souvisí se zdravím, které se dle pohlaví, věku a různých vlastností mění. Analýza složení těla tedy určuje složky těla tak, že poskytuje informace o tělesné kondici, která je správná. Analýza složení těla je velmi důležitá pro preventivní medicínu, jelikož může poskytovat základy fyzické aktivity a také vzorce diety, které jsou určené pro lepší osobní každodenní činnosti. Analýzu složení těla můžeme také použít jako studii, která bude použita u pacientů s různými nemocemi. Analýza složení těla je pro člověka velmi důležitá, protože hmotnost sama o sobě není vypovídajícím znakem dobrého zdraví. Je třeba rozlišovat poměr svalové hmoty bez tuku vzhledem k hmotě tukové (Svačina, 2008).

Pojem tělesné složení je velmi široký. Tento systém je složen z pěti stupňů, konkrétně model anatomický, molekulární, buněčný, tkáňově-systémový a celotělový (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Tělesné složení je podmíněno geneticky, dále jej ovlivňují vnější faktory, mezi které lze zařadit pohybovou aktivitu, výživu nebo zdravotní stav. Podíl jednotlivých složek (svalová, tuková, kostní) je ovlivňován hmotností určitých částí těla. Tyto složky jsou v důležitém vztahu vzhledem k parametrům, které nějakým způsobem ovlivňují pohyb celého těla pod vlivem vnitřních a vnějších sil (Kutáč, 2009).

Změřit a odhadnout složení těla se mohlo v dávných dobách podle toho, jaké dostupné metody existovaly. Výzkum byl prováděn spíše podle toho, co se mohlo měřit než to, co odborníci chtěli doopravdy měřit. V dnešní době je však možné změřit jakoukoliv část těla. Díky tomu vzniklo mnoho tělesných modelů, které zkoumají složení těla (Rokyta, 2008). Jak člověk stárne, složení těla se však výrazně mění. Více se ukládá tuk, dochází k úbytku svalů a kostní hmoty, snižuje se také tukuprostá hmota. Celý tento proces mohou provázet různá onemocnění, které souvisí s kardiovaskulárním nebo respiračním systémem (Gába, Riegerová, & Přidalová, 2009).

### **1.4 Metody odhadu tělesného složení**

V dnešní době existuje mnoho metod, kterými můžeme měřit a zkoumat tělesné složení. Metody jsou od sebe odlišné většinou tím, že mají určitou přístrojovou, personální a finanční náročnost. Často se také odlišují tím, jak moc jsou zatěžující pro zkoumanou osobu a jak přesná jsou získaná data. Metody můžeme dělit na dva základní typy – terénní a laboratorní. Metodu vždy volíme podle toho, jaké složky v těle chceme analyzovat (Pastucha, 2011).



### 1.4.1 Laboratorní metody

Laboratorním metodám se také někdy říká referenční metody. Lze mezi ně zařadit např. denzitometrii, hydrostatické vážení, metodu DEXA, nebo hydrometrii a další. Tyto metody jsou však časově i finančně náročné, a také nákladné na technické vybavení. K tomu je třeba ještě přičíst fakt, že s danými přístroji smí ve většině případů pracovat jen proškolený odborník (Pastucha, 2011). Hydrostatické vážení funguje na principu Archimedova zákona—těleso, ponořené do kapaliny je nadlehčováno hydrostatickou vztlakovou silou, která je rovná tíže kapaliny stejného objemu, což je objem ponořené části tělesa. Objem těla je zjišťován z rozdílu hmotností, které jsou naměřené ve vodě a na suchu. Při vážení se tělo nadlehčuje vzduchem v plicích, a tudíž se měření dělá v maximální expiraci. Výsledek se pak ještě upravuje, zaznamenává se velikost residuálního objemu. Měření probíhá na hydrostatické váze (Heymsfield, Van Loan, Shen, Wang, & St-Onge, 2005). Nicméně již výše zmíněná radiografie je pravděpodobně nejpresnější laboratorní metodou, která měří množství podkožního tuku v těle. Nabízí také možnost proměřit průřez svalů a kostí v určitém místě. Je však nutná rentgenová expozice, a proto se využívá relativně omezeně. Moderní je využití počítačové tomografie, která je však velmi finančně náročná a tudíž nepředpokládá široké využívání (Pastucha, 2011).

Metoda DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) je založená na denzitometrii. Touto metodou lze měřit složení celého těla, nebo jen jednotlivých částí. Metoda bývá často označována jako zlatý standard, protože vykazuje jen nízkou chybu v odhadu tuku (uvádí se mezi 3–4 %). Používá slabé duální rentgenové záření k tomu, aby byla stanovena denzita kostní tkáně. Potom se z regresních rovnic dopočítá podíl složky tuku. Měření se nedoporučuje provádět u dětí, u obézních lidí a ani u vysokých lidí kvůli možným zkresleným výsledkům. Nevýhodou je však u této metody vysoká cena a zatížení rentgenovými paprsky (Kittnar, 2011).

### 1.4.2 Terénní metody

Jak již bylo řečeno, existuje mnoho metod, které se používají k měření složení těla. Co se terénních metod týče, tak v praxi se nejběžněji využívá kaliperace či bioelektrická impedanční analýza. Kaliperace je metoda, která slouží k posouzení tukové frakce tělesného složení (Hronek, 2013). Je to velmi rychlá a jednoduchá metoda, nicméně mezi její nevýhody však patří možné subjektivní chyby při provádění měření. Samotná kaliperace bývá prováděna na konkrétních částech těla, nejčastěji triceps, biceps, stehna, pod lopatkou, na kyčelní kosti, na břichu, na lýtku nebo supraspinale. Průměrné hodnoty dvou měření často

stačí, ale pokud se od sebe výrazně liší, musí se vykonat třetí měření. Potom se bere v úvahu střední hodnota třech měření. Obvykle se měří jen pravá strana těla (Riegerová et al., 2006).

Nejstarší, ale stále užívaná metoda pro zjišťování tělesného složení je podle Matiegky. Dle této metody se stanovujeme hmotnost svalové hmoty, tělesného tuku, kostí a zbytku. Pro úspěšný výpočet výše zmíněných částí je nutné provést měření tloušťky šesti kožních řas, čtyř obvodových rozměrů a čtyř šířkových kostních parametrů (Bláha, 1982). Za jeden z nejčastějších typů výzkumu zjišťování množství tělesného tuku patří metoda podle Pařízkové, která je velmi běžně využívána jak v lékařství, tak i v kinantropologických laboratořích. Jedná se o měření tloušťky deseti kožních řas na pevně stanovených místech daných částí těla pomocí Bestova kaliperu. Výsledné hodnoty naměřených hodnot kožních řas se následně dosadí do rovnic pro výpočet procentuálního zastoupení podkožního tuku v těle (Pařízková, 1977).

### **1.4.3 BIA–Bioelektrická impedance**

Původní elektrické vlastnosti tkání popsali v Německu v roce 1871 fyzici Thomasse, Hoffer a Nyoeber, kteří se stali průkopníky v bioelektrické impedanční analýze. Ve druhé polovině 20. století pak došlo k inovaci technik měření, došlo k první studii, kdy měření elektrických impedancí bylo počítáno jako index celkové tělesné vody a zkoumalo se to tak, že se použili dvě subkutánně vložené jehly. Došlo také k použití prvních analýz, které obsahovaly čtyři povrchové elektrody. Na konci 20. století existovalo na trhu mnoho frekvenčních analyzátorů, které se stali oblíbenými a bezpečnými, a díky své neinvazivnosti byly výsledky rychle dostupné a snadno reprodukovatelné (Kyle et al., 2004).

Bioimpedanční analýza je neinvazivní a poměrně nenákladná terénní metoda. Díky své všeobecné nenáročnosti je rozšířená po celém světě a lze ji používat u zdravých lidí, sportovců i u pacientů s klinickými nálezy (Riegerová et al., 2006). I přesto, že je metoda velmi nenáročná na obsluhu a srozumitelná při interpretaci výsledků, je nutné znát nejčastější zkratky, se kterými se pracuje jak při výpočtu dat, tak při prezentování daných výsledků:

- TBW–total body water–celková voda v těle
- ICW–intracellular water–nitrobuněčná voda
- ECW–extracellular water–mimobuněčná voda
- FFM–fat free mass–tukuprostá hmota
- BFM–body fat mass–tělesný tuk
- PBF–percent body fat–procentuální tělesný tuk

- SMM–skeletal muscle mass–svalová hmota (Heymsfield, Van Loan, Shen, Wang, & St-Onge, 2005).

Tato metoda funguje na principu impedančních analyzátorů, které využívají střídavý elektrický proud, který vstupuje do celého těla. Tento proud je vysílán v nízké a bezpečné intenzitě, tak aby lidské tělo nebylo vystaveno riziku poškození organismu. Metoda pak funguje na principu rozdílného šíření elektrického proudu mezi různými biologickými strukturami. V našem těle je hlavním vodičem voda (v tukuprosté hmotě je ji kolem 72–74 %), z toho vyplývá, že díky bioelektrickým impedančním analyzátorům jsme schopni změřit impedanci naší tělesné vody. Tuk na rozdíl od vody funguje jako izolátor, protože obsahuje v průměru pouze 10 % vody (Forejt, 2018). Tato analýza se může provádět různými přístroji, které se rozdělují podle toho, jaký mají počet a rozložení elektrod jsou u analýzy využívány. Nejčastěji se používají v komerční sféře tzv. bipolární přístroje, které mají pouze dvě elektrody. Existuje také tzv. tetrapolární přístroj, který má čtyři elektrody, a který je i více přesnější než přístroj bipolární. Často se také setkáváme s pojmem Bodystat, kdy jsou umístěné dvě elektrody na zápěstí a nad hlezem pravých končetin (Riegerová et al., 2006). Přístroje, které jsou založené na principu bioelektrické impedanční analýzy, nejčastěji pracují s různými rozdílnými parametry, které mohou znamenat různou variabilitu výsledků (Gába, Zajac-Gawlak, Přidalová, & Pošpiech, 2011).

BIA vychází z množství TBW. Přístroj následně na základě regresních rovnic vypočítává další parametry tělesného složení jako např. ICW, ECW, množství tukové a tukuprosté hmoty. Nedílným prvkem této analýzy je samozřejmě bazální metabolismus (Heymsfield, Van Loan, Shen, Wang, & St-Onge, 2005). BIA je závislá především na mnoha statických předpokladech a na různých dynamických vztazích, které souvisí s elektrickými vlastnostmi těla, a které jsou hodnoceny a tříděny predikčními rovnicemi (Heymsfield, Van Loan, Shen, Wang, & St-Onge, 2005). Každý přístroj, který je komerčně dostupný tak může pracovat s různými predikčními rovnicemi, a díky tomu jsou výsledky jednotlivých bioimpedančních přístrojů často rozdílné a navzájem od sebe odlišné (Gába et al., 2011).

## **Impedance**

Jedná se o veličinu, která popisuje zdánlivý odpor prvku a fázový posuv napětí vůči proudu ve chvíli, kdy dochází k průchodu harmonického střídavého proudu určité frekvence. Impedanci značíme písmenem  $Z$  a jednotkou je ohm ( $\Omega$ ). Jedná se o komplexní veličinu, která obsahuje reálnou rezistenci a imaginární reaktanci (Kyle et al., 2004). Při měření pomocí bioelektrické impedanční analýzy je celé tělo bráno jako válec. Jestliže víme, jaká je výška

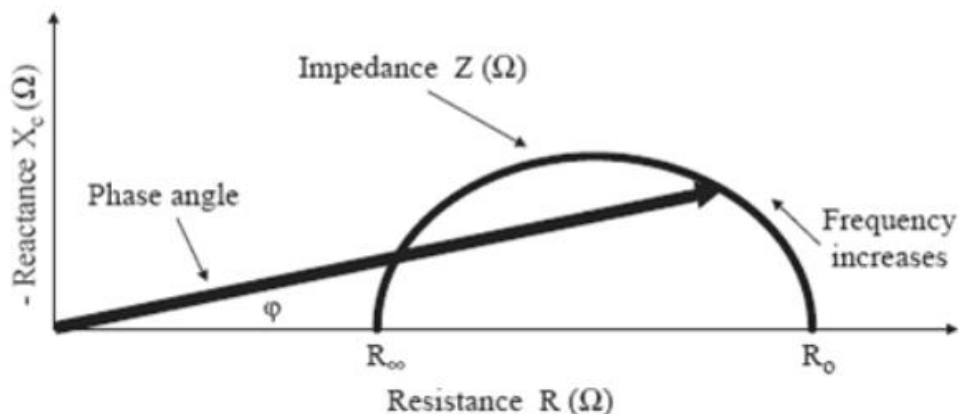
těla (délka) a hodnota impedance, tak je možné formulovat celkové množství tělesné vody. Jako základní proměnná je tedy celkové množství tělesné vody (TBW). Impedance je pak frekvenčním závislým odporem vodiče u toku střídavého proudu a určuje se vztahem mezi vektorem rezistence ( $R$ ) a reaktance ( $X_c$ ). Tukuprostá hmota má jen malou impedanci, oproti tomu tuková hmota jí má vysokou (Gába et al., 2011).

### **Rezistence**

Rezistence znamená, že existuje čistý odpor vodiče u střídavého proudu. Reaktance je potom závislost na frekvenci (četnosti) proudu (Heymsfield, Van Loan, Shen, Wang, & St-Onge, 2005). Je značena písmenem  $R$  a jednotkou je ohm ( $\Omega$ ). Počítá se jako poměr napětí a proudu vzorcem:  $R = U/I$ . Rezistence je stejná jako délka vodiče a nepřímo úměrná průřezu vodiče a jeho obsahu. V lidském těle mají nízký odpor látky, které obsahují hodně vody a elektrolyty (tukuprostou hmotu). Látky, které mají vysoký odpor, jsou tukové a kostní tkáň. Tuk je totiž zvláštním odporem (rezistencí), který působí na proud při měření množství vody v těle. Pro výpočet je důležité dbát na reaktanci a fázový úhel  $\alpha$  (Riegerová et al., 2006).

### **Fázový úhel**

Fázový úhel je závislost na rezistenci a reaktanci, který ukazuje jejich vztah. Značí se písmenem  $\varphi$  ( $\phi$ ) nebo alfa ( $\alpha$ ) a jeho jednotkou je stupeň ( $^\circ$ ). Měření spočívá v tom, že při průchodu kondenzátorem může dojít ke zpoždění. Veškeré metabolicky aktivní buňky mají na membránách kapacitu od 50 do 100 mV. Tento potenciál umožňuje chování buněk jako sférických kondenzátorů a díky tomu může průchod buňkami způsobit fázový posun. Buňky, které jsou dobře vyživované a mají stabilní membránový potenciál, mívají vyšší fázový úhel než buňky, které jsou vyživované špatně a mají nižší potenciál. Tukové buňky mají minimální potenciál, a tím pádem nedochází k žádnému fázovému posunu a nemohou tak být měřeny u fázově citlivých měřeních. Nejvýznamnější je fázový úhel, při frekvenci 50 kHz (Pastucha, 2011). Velikost fázového úhlu pomáhá vyhodnotit nutriční a fyzický stav probanda (měřeného člověka). Normální hodnoty u mužů jsou  $5,5^\circ$ – $5,9^\circ$  a u žen  $6^\circ$ – $6,4^\circ$ . Měsíčně může dojít k nárůstu až o  $0,2^\circ$ . Tento nárůst může být způsoben fyzickou činností, nebo při užívání anabolických steroidů. V tomto případě by mohlo dojít i k výrazně vyššímu nárůstu (Heymsfield et al., 2005). Na obrázku 1 (níže) je znázorněn tzv. Cole–Cole graf, který značí vztah rezistence, reaktance, fázového úhlu a frekvencí. Je zřejmé, že čím menší je frekvence, impedance je větší a pokud je frekvence větší, impedance je potom nižší (Kyle et al., 2004).



Obrázek 1: Cole–cole graf (Kyle et al., 2004).

$$Z_2 = R_2 + X_c$$

Určit a rozlišit rezistenci a reaktanci lze díky měření fázového úhlu  $\alpha$ . Z impedance, kterou naměříme, se potom pomocí regresivní rovnice spočítá množství tuku v lidském organismu a také množství tukuprosté hmoty. Tato tukuprostá hmota je pak dána rozdílem mezi totální tělesnou hmotností a mezi váhou tukové složky (Kyle et al., 2004). Vypočítává se takto:

$$\text{FFM} = \text{TBW} * 0,732 - 1 \quad (0,732 \text{ znamená průměrná hydratace těla člověka} = 73,2 \%)$$

Množství tukové hmoty je potom počítáno odečtením hmotnosti tukuprosté hmoty od celkové tělesné hmotnosti. BIA může být buď monofrekvenční (SF-BIA) nebo multifrekvenční (MF-BIA). Monofrekvenční analyzátor funguje s frekvencí 50 kHz. Díky tomu lze zjistit TBW a tukuprostou hmotu včetně hmoty tukové. Monofrekvenční analyzátor je omezen v tom, že nemá schopnost detekovat distribuci vody v těle do intracelulárních a extracelulárních prostor. Oproti tomu multifrekvenční analyzátor využívá různé frekvence, které mohou rozpoznat TBW (celkovou tělesnou vodu) i intracelulární a extracelulární tekutinu, což nám umožňuje popsat rovnováhu či nerovnováhu tekutin v těle. Hodnoty ICW a ECW nám mohou sloužit k tomu, aby se mohli zkoumat rozdíly v hydrataci (Riegerová et al., 2006). Multifrekvenční analyzátoři mohou fungovat na principu širokého spektra frekvencí nebo díky kombinaci více frekvencí. Nejvhodnější kombinace, která slouží pro odhadnutí složení těla je však stále zkoumána (Heymsfield et al., 2005).



BIPOLÁRNÍ PŘÍSTROJ



BIPEDÁLNÍ PŘÍSTROJ

Obrázek 2: Bipedální a bipolární přístroj („Tělesná diagnostika - InBody", 2009).

Bipolární přístroj měří přes úchop rukou a slabý elektrický proud, na kterém se měření zakládá, měří pouze horní polovinu těla s tím, že zbytek těla (spodní část těla) je dpočítána odhadem. Oproti tomu měření na bipedálním přístroji probíhá ve stoje a elektrický proud je vpouštěn do těla přes plochu chodidel, nicméně je měřena jen spodní část těla a horní část je dpočítána na základě odhadu. Většina přístrojů, které měří bioelektrickou impedanci, umí pracovat s frekvencí 50 kHz a elektrickým proudem o velikosti 800  $\mu$ A. Aby mohlo dojít k měření horní i dolní části těla najednou, musí se použít tzv. tetrapolární přístroje, které jsou vybaveny čtyřmi elektrodami. Elektrody se umisťují na konce horních a dolních končetin. Dvě elektrody jsou hnací–vede mezi nimi konstantní střídavý proud a další dvě fungují k tomu, aby mohlo dojít k měření poklesu konečného napětí v závislosti na tělesném odporu vůči elektrickému proudu. Během měření by měly být elektrody umístěny pouze na jedné straně těla, spíše na pravé, protože výsledky obou stran se výrazně mohou lišit (Pastucha, 2011).

## **Přístroj In Body 720**

Měření pomocí přístroje InBody 720 diagnostikuje tělesné složení člověka formou tzv. bioimpedanční analýzy. Impedance je síla, která působí opačně k toku elektrického proudu. Tělesný tuk pak v porovnání s tukuprostou hmotou má výrazně menší vodivost, a tím pádem má relativně vysokou impedanci. Pokud tedy máme dvě osoby se stejnou hmotností, tak jedinec, který má v těle větší zastoupení tělesného tuku, bude mít i vyšší impedanci. InBody 720 si během měření rozdělí tělo na pět válců (horní a dolní končetiny a trup), ze kterých vyhodnotí dané parametry, a ty následně spojí do srozumitelných výsledků hodnotící celé tělo (Völgyi et al., 2008). Měření na tomto přístroji je neinvazivní analýzou tělesného složení, která poskytuje podrobný rozbor prvků složení těla. Analýzy je velmi rychlá a jednoduchá, trvá okolo dvou minut. Měření na přístroji InBody probíhá na bosu bez obuvi a ideálně pouze ve spodním prádle. Nicméně přístroj lze nastavit i tak, aby hmotnost oblečení byla automaticky odečtena, proto v těchto případech je možné, aby si proband oblečení (až na ponožky a obuv) nechal. Je třeba ale počítat s tím, že tato funkce může snížit přesnost vyhodnocení výsledků. Měření je vhodné pro jakoukoliv věkovou kategorii s maximální hmotností 250 kg. Analýzy se nemohou účastnit lidé, kteří mají kardiostimulátor, dále se měření nedoporučuje těhotným ženám, a ani jedincům s tělesným hendikepem, který jim neumožňuje klidný stoj bez opory po dobu měření. Po ukončení měření pověřená osoba vytiskne výsledky probanda, které mu stručně interpretuje. V případě, že měření probíhá opakovaně v pravidelných intervalech, je důležité, aby byly dodrženy vždy stejné podmínky (stejný čas, stejné množství oblečení, u žen stejná fáze cyklu, stejné tréninkové podmínky), jelikož pouze v tomto případě docílíme standardizovaného testování. (Its my life, 2020).

Střídavý elektrický proud o různých frekvencích prochází tělem, čímž dojde ke změření každé z pěti výše zmíněných částí těla. InBody 720 využívá celkem 30 různých měření za pomoci šesti odlišných frekvencí (1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz) pro danou část těla, a tím pádem dochází k přesnému měření intracelulární i extracelulární tekutiny v těle. Elektrický impulz, který je nižší, než 100kHz nepronikne buněčnou stěnou a musí být přenesen extracelulární vodou (Extracellular water–ECW). Tím pádem je schopný určit množství pouze této vody. Běžné přístroje však měří a pracují na frekvenci 50kHz. Pokud však vezmeme frekvenci vyšší než 100kHz, kterou využívá InBody, tak ta může prostoupit skrz buněčnou stěnu a proniknout do buňky. Tím pádem může přístroj určit i celkové množství intracelulární vody (Intracellular water–ICW). Díky tomu lze určit celkovou hodnotu tělesné tekutiny (Total Body Water–TBW). Extracelulární a celková voda se měří odděleně a tak lze lépe diagnostikovat bilanci vody v těle (Biospace, 2004).

Aby bylo měření standardizované, mělo by být dodrženo několik zásadních bodů, kterými proband může předejít chybným vyhodnocením výsledků přístrojem. Je doporučeno chodit na měření 2 hodiny po jídle, vyhnout se kofeinovým nápojům i nadměrnému příjmu tekutin. Dále by se jedinec měl vyhnout náročné fyzické aktivitě až 24 hodin před měřením. Je třeba také upozornit ženy, že v případě měření během menstruace mohou být výsledky zkreslené kvůli nadměrnému zadržování vody v těle. Měření se nedoporučuje ani těhotným ženám, nebo pacientům, kteří mají různé implantáty, či užívají léky, ovlivňující množství vody v těle a dalším, kteří mají například kyčelní protézy atd. Před měřením by se také neměla navštěvovat sauna. Proband by si před měřením měl dojit na toaletu, odložit si veškeré šperky a přímo před měřením by měl zůstat klient alespoň 5 minut v klidu stát. Měření by mělo probíhat v místnosti o teplotě 20–25 °C. 48 hodin před měřením by se také neměl požívat žádný alkoholický nápoj. Neměly by se užívat ani žádné diuretické léky, a to v době až 7 dní před měřením (Riegerová et al., 2006).



## CÍLE

Hlavním cílem je zjistit během 3 měření tělesné složení u fotbalového prvoligového týmu v různých fázích fotbalové sezony a porovnat tyto hodnoty mezi sebou. Na základě rešerše literatury se zaměřením na časopiseckou literaturu následně srovnat hodnoty s populací rozličného charakteru.

### Dílčí cíle

- Seznámit se s přístrojem InBody 720 a metodikou měření.
- Získat hodnoty tělesného složení člověku v prvoligovém fotbalovém týmu, následně je rozdělit do tří skupin minimálně po 20 hráčích ve 3 termínech v průběhu sezony.
- Vyhodnotit tělesné složení metodou BIA u všech hráčů a následné porovnání jednotlivých měření.
- Vypočítat indexy tělesného složení (%BF, BFMI, FFMI, PFI).
- Zpracovat naměřená data a vypracovat základní statistické charakteristiky pro každou skupinu.
- Analyzovat naměřená data a srovnat jednotlivé indexy tělesného složení sledované skupiny s doporučenými hodnotami

## **METODIKA**

### **1.5 Soubor**

Měření probíhalo v laboratoři Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého, probíhalo v roce 2017 a během tohoto roku proběhly tři série měření po 27, 21 a 22 hráčích. První měření bylo provedeno v lednu, tedy na začátku druhé poloviny fotbalové sezóny 2016/2017 po krátké zimní pauze. Poté druhé měření bylo provedeno v červnu stejného roku, tedy na konci téže sezóny a poslední série měření probíhala již v nové sezóně 2017/2018 těsně před koncem kalendářního roku, konkrétně v prosinci. Celé výsledky práce jsou interpretovány právě na základě rozdělení měření v průběhu roku, tedy rozděleny na tři skupiny. K měření byl použit bioelektrický impedanční analyzátor InBody 720. Ke změření tělesné výšky byl využit antropometr A-226.

### **1.6 Měření dat**

Jedním z největších benefitů přístroje InBody 720 je, jak už bylo zmíněno v teoretické části bakalářské práce, že proband, který se chystá podstoupit měření je instruován jednoduchými a srozumitelnými pokyny. Důležitou podmínkou pro vyhodnocení validních výsledků bylo pohlídat, aby se horní a dolní končetiny umístily na elektrody přesně dle pokynů. Výhodou přístroje InBody 720 je, že elektrody jsou pevně zabudovány v konstrukci, proto stačí, aby si proband přesně stoupl na podložku patami a zbytkem chodidla a správným způsobem uchopit madla do rukou, tedy tak, aby se prsty vzájemně nepřekrývaly a byly rovnoměrně rozložené na ploše elektrody. Dohlíželi jsme na to, aby měřená osoba stála naboso a neměla na sobě žádné kovové předměty, a také aby se horní končetiny nedotýkaly žádnou částí trupu ani boků. Subjekt měl stát rovně po celou dobu měření. Samotná analýza zabrala u jednoho probanda přibližně 2 minuty, ale musíme přičíst i čas interpretace výsledků a vyčištění elektrod desinfekčním prostředkem.

Data byla vytisknuta na papír ve formátu A4 s tím, že přední strana obsahovala informace o právě změřené osobě (čas a datum měření, váha, výška, věk, pohlaví a jméno) a aktuální výsledky měření tělesného složení. Kdyby nebyly uvedeny informace osobních údajů, nebylo by možné vyhodnotit stav tělesného složení vzhledem k proměnným u pohlaví, rozdílných hmotností jedinců atd. A na zadní straně byly vysvětlující informace k anglickým zkratkám vyskytujících se na straně přední. Data týkající se tělesného složení obsahovaly analýzu svalstva a jeho rozložení po těle, diagnózu obezity, plochu viscerálního tuku, svalovou rovnováhu, různé všeobecné hodnoty a zhodnocení fyzické kondice. Diagnóza obezity hodnotí procentní zastoupení tuku v těle, BMI a WHR. Tělesná rovnováha se váže ke

stranové vyrovnanosti na horní polovině těla, dolní polovině těla a také při porovnání horní a dolní poloviny těla. Svalová síla hodnotí horní a dolní části a celkového svalstva. Pokud byl subjekt již měřen na stejném přístroji, bylo možné na výsledcích zobrazit údaje o předchozích měřeních. V levé části archu pod identifikačními údaji nalezneme data týkající se analýzy tělesného složení. Naměřená a vytištěná data obsahovala informace o množství daných parametrů tělesného složení. Konkrétně extracelulární a intracelulární tekutiny uváděné v litrech, proteiny uváděné v kilogramech, stejně tak i hmotnost minerálů a tělesného tuku. Dále také množství celkové tělesné vody, tukuprosté hmoty a celkovou tělesnou hmotnost. Pravý sloupec zobrazuje referenční hodnoty pro dané komponenty. Pod výsledky tělesného složení popsaného výše byly tři tabulky s grafy. Jedná se vyobrazení poměru svalstvo–tuk, diagnózu obezity a rozložení svalů po těle. Analýza poměru svalstva a tuku obsahuje také data týkající se hmotnosti kosterního svalstva a tělesného tuku. Součástí diagnostiky obezity jsou výsledky BMI (Body Mass Index), PBF (Percent Body Fat) a WHR (waist hip ratio). PBF je procentní zastoupení tuku z celkové hmotnosti těla, WHR je poměr pasu a boků.

Množství minerálů v těle člověka není možné měřit BIA metodou, nicméně přístroj InBody 720 nabízí alespoň odhad hodnot a výsledky těchto hodnot slouží spíše pro zajímavost. Pravý sloupec papíru s výsledky v horní části obsahuje jméno instituce, ve které měření probíhalo, a také hodnocení viscerálního tuku (VFA–Visceral Fat Area). Poslední část pravého sloupce vyobrazuje doporučení ideální tělesné hmotnosti, kde je napsána, ideální cílová hmotnost, doporučení k zastoupení tukové složky a svalstva v těle a vyhodnocení fitness skóre na základě vyhodnocených výsledků.

## 1.7 Statistické zpracování dat

Naměřená data byla zpracována a převedena v programu Microsoft Office Excel 2019 a prezentována v programu Microsoft Office Word 2019. Všechna data jsou popsána jak slovně, tak jsou i upravena do přehledných grafů, ve kterých hodnotíme, odlišnosti různých změn během odlišných fází sezóny. Grafy jsou ve formě tří barevných sloupců, aby byly dobře rozlišeny jednotlivé období měření, tedy zeleně lednové měření, modře červnové měření a oranžově prosincové měření. Právě pomocí excelu a jeho funkcí jsme pak jednotlivé sledované výsledky výzkumu tělesného složení vzali a vypočítali průměry (M), směrodatné odchylky (SD), minimální (MIN) a maximální (MAX) hodnoty. Dále jsme s pomocí vyhodnocených hodnot přístrojem InBody 720 dopočítali taktéž v Excelu pomocí jednoduchých vzorců hodnoty: Body fat mass index (BFMI) vypočten jako podíl tělesného tuku na výšce, definován jako:  $\text{hmotnost tuku (kg)} / \text{tělesná výška (m}^2\text{)}$ . Fat free mass index

(FFMI) vypočten pomocí podílu tukuprosté hmoty (FFM) na výšce, definován jako: FFM (kg) / tělesná výška (m<sup>2</sup>). Protein fat index (PFI) vypočten jako podíl tělesných bílkovin na množství tuků, definován jako: PM (kg) / BFM (kg) (Kyle, Schutz, Dupertuis, & Pichard, 2003). Dále je to procentuální zastoupení celkové vody v těle (%TBW), procentuální zastoupení vnitrobuněčné vody (%ICW), procentuální zastoupení mimobuněčné vody (%ECW), procentuální zastoupení tukuprosté hmoty (%FFM), Skeletal muscle mass (SMM). Hodnoceny byly tyto parametry:

- TBW–total body water–celková tělesná voda /[l]
- Výška /[cm]
- Hmotnost–kg
- TBW–total body water–celková voda v těle /[l]
- %TBW–percent total body water - procentuální celková voda v těle [%]
- ICW–intracellular water–nitrobuněčná voda /[l]
- %ICW–percent intracellular water–procentuální nitrobuněčná voda [%]
- ECW–extracellular water–mimobuněčná voda /[l]
- %ECW–percent extracellular water–procentuální mimobuněčná voda [%]
- FFM–fat free mass–tukuprostá hmota /[kg]
- %FFM–percent fat free mass–procentuální tukuprostá hmota [%]
- BFM–body fat mass–tělesný tuk /[kg]
- %BF–percent body fat–procentuální tělesný tuk [%]
- SMM–skeletal muscle mass–svalová hmota /[kg]
- %SMM–percent skeletal muscle mass–procentuální svalová hmota [%]
- PM - protein mass–bílkovinná hmota /[kg]
- BMI–body mass index /[kg/m<sup>2</sup>]
- BFMI–body fat mass index–index množství tělesného tuku /[kg/m<sup>2</sup>]

- FFMI–fat free mass index–index tukuprosté hmoty  $[\text{kg}/\text{m}^2]$
- PFI–protein fat index–index množství bílkovin  $[\text{kg}/\text{m}^2]$  (Heymsfield, Van Loan, Shen, Wang, & St-Onge, 2005).

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Měření probíhalo pomocí přístroje InBody 720 ve třech sériích měření – v lednu (27 hráčů), červnu (21 hráčů) a prosinci (22 hráčů). První měření bylo provedeno na začátku druhé poloviny fotbalové sezóny 2016/2017 po krátké zimní pauze. Druhé měření bylo provedeno v červnu stejného roku, tedy na konci téže sezóny a poslední měření probíhalo již v nové sezóně 2017/2018 těsně před koncem kalendářního roku, konkrétně v prosinci. Celé výsledky práce jsou interpretovány právě na základě rozdělení měření v průběhu roku, tedy grafy jsou rozděleny na tři skupiny. Pro snadnější popis a interpretaci výsledků budeme jednotlivé skupiny nazývat jako lednová, červnová a prosincová skupina.

Lednová skupina měla průměrný věk  $23,12 \pm 4,93$  let, průměrnou výšku  $182,96 \pm 6,26$  centimetrů a průměrnou váhu  $78,47 \pm 7,90$  kilogramů. Červnová skupina o 21 hráčích byla v průměru asi o půl roku starší, než skupina měřena na začátku roku 2017, průměrnou výšku  $181,71 \pm 5,49$  centimetrů a průměrnou váhu  $77,89 \pm 6,14$  kilogramů. A poslední část měřených na konci roku 2017 zastoupená 22 hráči s průměrným věkem 23,93 s odchylkou 5,02 let, s průměrnou výškou 182,48 centimetrů s odchylkou 6,44 centimetrů a průměrnou hmotností 77,23 kilogramů a odchylkou 7,78 kg. Pozitivní na výzkumu je, že i když se jednotlivé skupiny mohou lišit různým zastoupením konkrétních hráčů, žádná ze tří sekcí se nevymyká výrazným nuancím, což nám umožňuje objektivně porovnávat ostatní hodnoty a vyhodnotit tak změny probíhající v těle fotbalisty v průběhu sezóny. Všechna data jsou shrnuta v tabulkách v příloze. Hodnoty věku, tělesné výšky i hmotnosti fotbalistů jsou zakresleny do grafů. Výše zmíněné výsledné hodnoty našich probandů spadají do průměrného věku, rozměrů i hmotnosti hráčů mužské fotbalové soutěže (Dvořák, 2012). Nejstaršímu probandovi ze všech tří měřených skupin bylo 36 let a nejmladšímu 17 let. Věkový rozdíl mezi nejstarším a nejmladším hráčem činil 19 let. Nejvyšší hráč ze všech tří skupin dosahoval výšky 196 centimetrů a nejmenší měřil 170 centimetrů, výškový rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším hráčem činil 26 cm. Nejtěžší hráč ze souhrnu všech tří skupin měl hmotnost 94 kilogramů a hráč s nejnižší hmotností těla vážil 65 kilogramů. Hmotnostní rozdíl mezi nejtěžším a nejlehčím hráčem činil 29 kg. Autoři Bunc, Hráský a Skalská (2015) provedli studii profesionálních fotbalistů České republiky, kteří měli podobný průměrný věk ( $21,9 \pm 3,1$  let) jako fotbalisté v naší studii. Jejich průměrná výška byla  $179,5 \pm 4,0$  centimetrů a průměrná hmotnost  $75,3 \pm 6,0$  kilogramů. Fotbalisté z porovnávané studie jsou v průměru mladší o 1,57 let, měří méně o 2,93 cm a váží méně o 2,60 kg. Ve studii Nováka (2013) testovali fotbalisty FC Viktorie Plzeň v letech 2008–2011, kteří měli průměrný věk 24,8 let,

průměrnou výšku 183,8 centimetrů a hmotnost 80,7 kilogramů. Fotbalisté z FC Viktorie Plzeň jsou v průměru starší o 1,33 let, měří více o 2,80 cm a váží více o 1,37 kg.



Obrázek 3. Porovnání věku, tělesné hmotnosti a výšky probandů mezi jednotlivými skupinami.

Dále, v této části výzkumu, se budeme věnovat zastoupení vody v těle v litrech i v procentech. Obecně by se zastoupení vody ani v jednom případě nemělo měnit, jelikož voda je jednou z hlavních organických složek lidského organismu, která se spolupodílí na homeostáze organismu. Proto by se hodnoty vrcholových sportovců neměly výrazně lišit od hodnot u široké veřejnosti. Průměrné množství TBW u lednové skupiny bylo 56,68 litrů, u červnové skupiny 55,53 litrů a u prosincové skupiny hodnota činila 55,55 litrů. Znamená to tedy, že hodnoty u všech tří skupin se neliší o více než jeden litr, což považujeme za stabilní hodnotu. Lednová skupina vyšla na procentuální zastoupení tělesné vody 67,59 %, červnová skupina na 66,91 %, a i poslední prosincové měření ukázalo stabilní hodnotu 67,71 %. Nižší procento tuku totiž zvyšuje %TBW (Schubert et al., 2006). Pro porovnání celková voda u normální mužské populace zastupuje okolo 63 % (Rokyta, R. et al. (2008). U všech tří naměřených skupin bylo zjištěno vyšší procentuální celkové vody v těle.

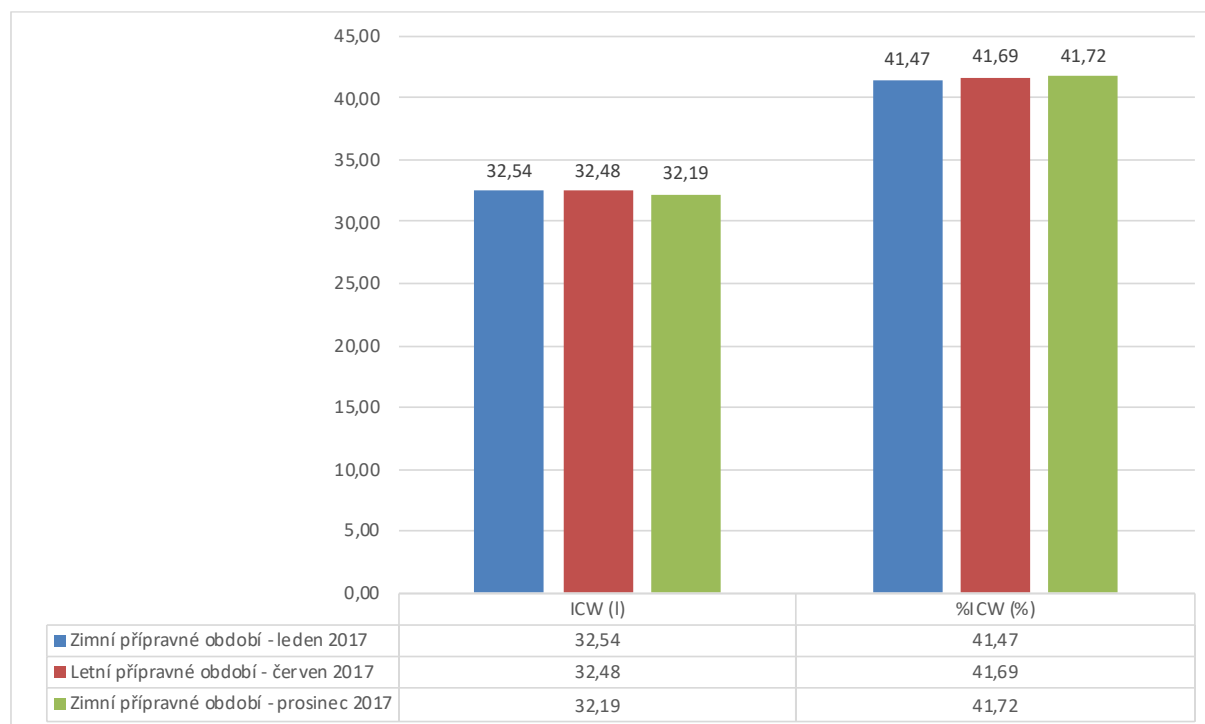


Obrázek 4. Porovnání zastoupení TBW a %TBW mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

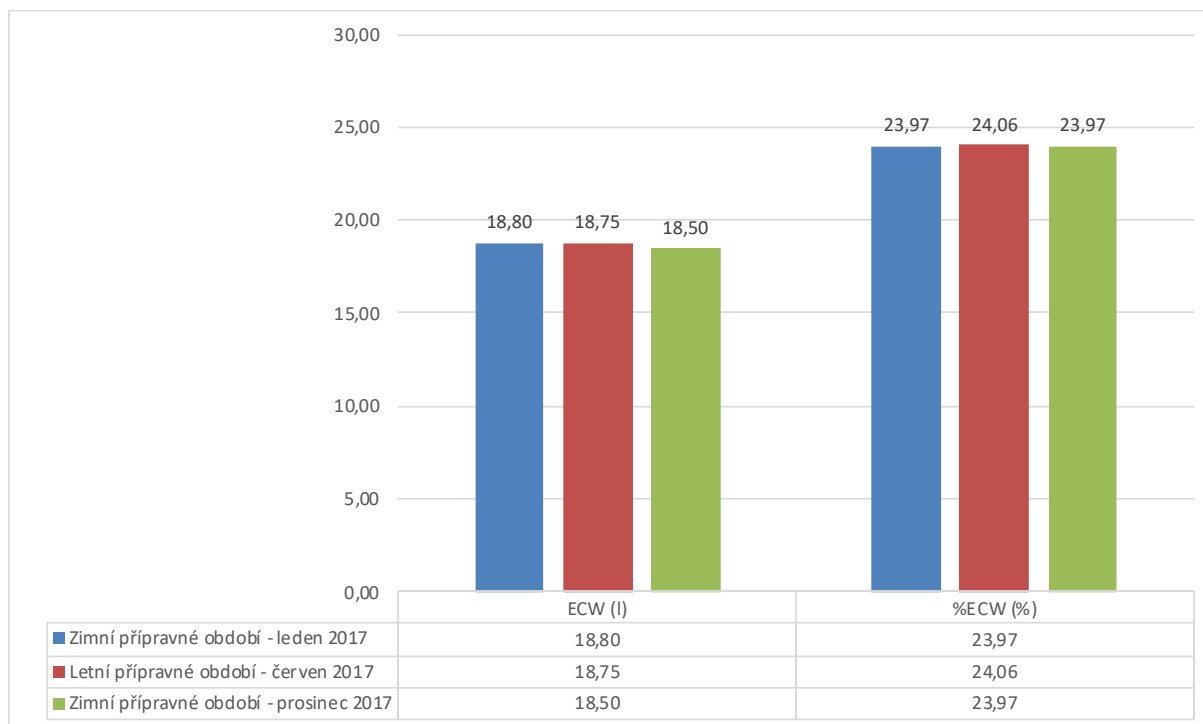
S hodnotami TBW jsou úzce spojené i hodnotami ICW a ECW, jelikož součet těchto dvou komponentů tvoří výslednou hodnotu celkového zastoupení vody v těle. Zastoupení intracelulární a extracelulární vody se obecně udává následovně: 40 % z tělesné hmotnosti tvoří ICW, 20 % z tělesné hmotnosti je ECW (Charmas & Gromisz, 2019). U mimobuněčné tekutiny byla průměrná hodnota ze všech probandů 18,69 litrů s odchylkou  $\pm 1,81$  litrů. První část měřených měla průměrnou hodnotu ICW 32,54 litrů s odchylkou  $\pm 3,43$  litrů a ECW, jak je z grafu níže patrné vyšla na 18,80 litrů s odchylkou  $\pm 1,93$  litrů, druhá skupina, tzv. červnová, měřená po konci fotbalové sezóny měla průměrnou hodnotu ICW 32,48 litrů s odchylkou 2,66 litrů a průměrná hodnota ECW téže skupiny byla 18,75 litrů s odchylkou  $\pm 1,65$  litrů. Poslední skupina měřená na konci roku 2017 vyšla s průměrnou hodnotou ICW 32,19 litrů s odchylkou  $\pm 3,01$  litrů a s ECW průměrnou hodnotou vypočítanou na 18,50 litrů s odchylkou  $\pm 1,86$  litrů. Procentuální zastoupení intracelulární tekutiny celé skupiny měřených hráčů v průběhu celého roku nám vychází na 41,61 litrů s odchylkou  $\pm 1,23$  litrů a procentuální zastoupení extracelulární tekutiny u celého souboru všech tří skupin dohromady vyšla 24,00 % s odchylkou  $\pm 0,68$  %. Lednová skupina byla vyhodnocena na %ICW s hodnotou 41,47 % s odchylkou  $\pm 1,46$  % a %ECW s hodnotou 23,97 % s odchylkou  $\pm 0,76$  %. Červnová skupina byla vypočítána u %ICW na hodnotu 41,69 % s odchylkou  $\pm 0,72$  % a



%ECW na 24,06 % s odchylkou  $\pm 0,53$  %. Poslední prosincová skupina byla vyhodnocena na procentuální zastoupení nitrobuněčné tekutiny na 41,72 % s odchylkou  $\pm 1,34$  % a procentuální zastoupení mimobuněčné tekutiny s hodnotou 23,97 % s odchylkou  $\pm 0,74$  %. Doporučené hodnoty intracelulární tekutiny a extracelulární tekutiny jsou přibližně 2:1. Procentuální zastoupení doporučeného množství je 40 % %ICW a 20 % %ECW, kdy u každé naměřené skupiny je hodnota vyšší (InBody, 2014).



Obrázek 5. Porovnání hodnot ICW a %ICW mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.



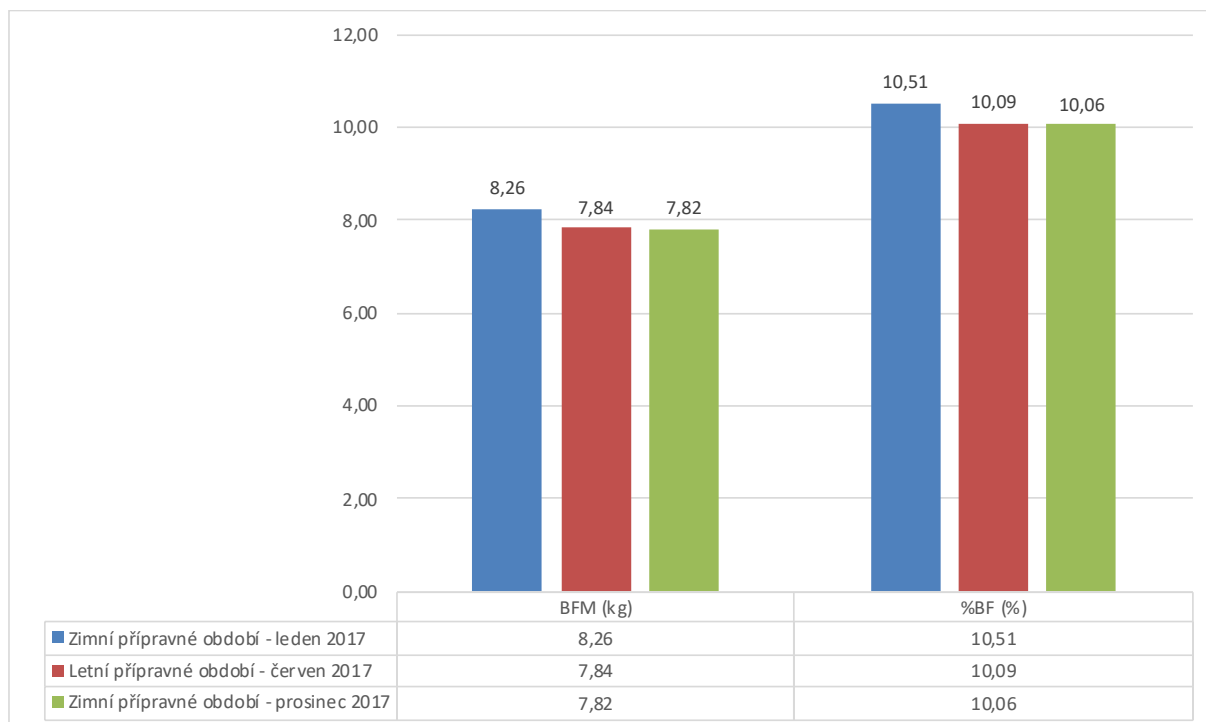
Obrázek 6. Porovnání hodnot ECW a %ECW mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

Průměrné množství tukové hmoty (BFM) celého týmu měřených hráčů je 7,99 kilogramů s odchylkou  $\pm 2,23$  kilogramů. Nejnižší hodnota BFM u jednotlivce z celé skupiny probandů byla naměřena 4,00 kilogramy a největší zastoupení tuků v těle u jednotlivce bylo naměřeno s hodnotou 16,90 kg. Lednová skupina byla analyzována průměrnou hodnotou BFM 8,26 kilogramů s odchylkou  $\pm 2,54$  kg, kdy nejnižší hodnota naměřená v lednu byla 4,60 kilogramů a nejvyšší hodnota 14,10 kg. Červnové skupině byla naměřená průměrná BFM naměřena 7,84 kilogramů s odchylkou  $\pm 1,24$  kg, kdy nejnižší hodnota naměřená v červnu byla 5,00 kilogramů a nejvyšší hodnota 9,90 kg. Prosincová skupina byla analyzována průměrnou hodnotou BFM 7,82 kilogramů s odchylkou  $\pm 2,61$  kg, kdy nejméně bylo naměřeno u jedince s 4,00 kg a nejvíce 16,90 kg. Z výsledku je čitelné, jak může pauza od tréninku ovlivnit zastoupení tuku v těle, jelikož je možné, že důvodem, proč bylo v lednu naměřeno vůbec nejvyšší zastoupení BFM, je právě asi měsíční pauza (Kopl, 2020). Červnové i prosincové měření proběhlo po konci soutěžní části, která trvala alespoň 4 měsíce, proto jsou hodnoty téměř stejné (předcházelo podobné zatížení).

Množství procentuálního zastoupení tělesného tuku (%BF) v celém týmu bylo vyhodnoceno v průměru 10,24 % s odchylkou  $\pm 2,51$  %, nejnižší procento tělesného tuku u jednotlivce z celé skupiny fotbalistů bylo naměřeno 5,22 % a nejvíce dokonce 19,11 %. Vzhledem k výzkumu Freitas et.al., 2017, kteří tvrdí že průměrný fotbalista má procento

tělesného tuku v rozmezí 10 až 11 %, což by nám potvrzovaly naše výsledky. Lednová skupina byla analyzována průměrnou hodnotou %BF 10,51 % s odchylkou  $\pm 2,92$  %, kdy naměřená nejmenší hodnota byla 5,89 % a nejvyšší 16,10 %. Červnová skupina byla vyhodnocena průměrnou hodnotou 10,09 % tělesného tuku s odchylkou  $\pm 1,61$  %, kdy nejmenší hodnota bylo naměřena u jedince s 6,76 % BF a nejvíce s 13,81 %. V prosinci bylo ve skupině naměřeno procentuální zastoupení tuku těla s hodnotou 10,06 % s odchylkou  $\pm 2,75$  %, kdy nejméně bylo naměřeno u jedince s hodnotou 5,22 % a nejvíce s 19,11 %. Stejně tak jako v předešlém odstavci je vidět mírný nárůst tukové složky po krátké vánoční pauze, která byla pravděpodobně zredukována po opětovném nastoupení do intenzivní tréninkové přípravy. Porovnání BFM i %BF mezi jednotlivými skupinami probandů jsou na obrázku 7.

Z porovnávané studie autorů Bunce, Hráského a Skalské (2015) fotbalisté dosahovali hodnot množství tukové hmoty z lednového měření průměrně  $7,9 \pm 2,4$  kilogramů. Z červnového měření průměrně  $7,3 \pm 2,2$  kilogramů a prosincového  $7,6 \pm 2,2$  kilogramů. Procentuální zastoupení tělesného tuku lednové skupiny bylo naměřeno  $10,5 \pm 1,9$  %, červnové skupiny  $9,5 \pm 1,8$  % a prosincové skupiny  $10,2 \pm 1,7$  % (Bunc, Hráský, & Skalská, 2015). Fotbalisté FC Viktorie Plzeň měli v říjnovém měření průměrné procentuální zastoupení tuku 12 % (Novák, 2013). Podle studie profesionálních hráčů z francouzské ligy bylo zjištěno procentuální zastoupení tělesného tuku. Na začátku sezóny měli průměrné množství 10,81 % s odchylkou 1,77 %, ve srovnání s červnovým měřením je to o 0,72 % více než hráči z české ligy. Na konci zimní přestávky u hráčů francouzské ligy bylo naměřeno 10,23 % s odchylkou 1,52 %, kdy v porovnání s českou ligou je to o 0,28 % tělesného tuku méně. V průběhu sezóny bylo naměřeno 10,19 % s odchylkou 1,75 %, a to je v porovnání s českou ligou o 0,13 % více (Carling & Orhant, 2010). Zastoupení tělesného tuku se zabývala studie Dopsaje a dalších autorů z roku 2018, kde porovnávali individuální a týmové sporty. Ze studie vyplynula hodnota BFM u týmových sportů 8,99 kg, což je v průměru více než měření fotbalových profesionálů z české ligy (Dopsaj, Mijalkovski, & Milić, 2018). Doporučené procentuální množství tuku v těle muže u běžné populace je 9–15 %, nicméně sportovci mají menší množství procentuálního zastoupení tělesného tuku mimo jiné také vlivem vyššího podílu svalové hmoty (Nutriadapt, 2016).



Obrázek 7. Porovnání hodnot BFM a %BF mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

Množství tukuprosté hmoty (FFM) v celém týmu bylo v průměru zastoupeno hodnotou 69,91 kilogramů s odchylkou  $\pm 6,63$  kg, nejnižší množství FFM u jednotlivce bylo naměřeno 56,80 kilogramů a nejvíce 85,50 kg. Pokud bychom k FFM přičetli BFM, došli bychom k celkové průměrné hmotnosti zkoumaných hráčů. Lednová skupina vyšla na FFM v průměru s hodnotou 70,21 kilogramů a s odchylkou  $\pm 7,34$  kg. Nejméně bylo naměřeno u probanda z lednového měření se zastoupením 56,80 kg tukuprosté hmoty a nejvyšší FFM hodnota byla 85,50 kilogramů. Červnová skupina s o něco nižší hodnotou, než skupina předešlá vyšla na FFM 70,05 kg s odchylkou  $\pm 5,89$  kilogramů, kdy nejméně bylo naměřeno u jedince s hodnotou 57,80 kg a nejvíce FFM proband s 78,90 kilogramů tukuprosté hmoty. Prosincová skupina co se do průměru týče, vyšla jako nejnižší ze všech tří měření, jelikož vyšla s hodnotou 69,40 kilogramů s odchylkou  $\pm 6,66$  kg. Nejméně bylo naměřeno u probanda z prosincového měření se zastoupením 57,60 kilogramů FFM a nejvíce s 83,60 kilogramy. Pokud bychom znali konkrétní zastoupení FFM a BFM, bylo by možné zhodnotit tělesnou stavbu hráče, ale z důvodu zachování anonymity lze o tomto faktu pouze spekulovat. Nicméně, z předchozích i následujících hodnot a jejich průměru na průřezu celé měřené skupiny víme, že žádný z probandů netrpí obezitou.

Profesionální fotbalisté ze studie autorů Bunce, Hráského a Skalské (2015) dosahovali množství tukuprosté hmoty z lednového měření průměrně  $67,4 \pm 4,1$  kilogramů.

Z červnového měření průměrně  $70,1 \pm 3,9$  kilogramů a prosincového  $67,4 \pm 4,0$  kilogramů. Studie profesionálních hráčů francouzské ligy se zabývala i zastoupením tukuprosté hmoty. Na začátku sezóny měli průměrné množství 69,11 kg s odchylkou 5,43 kg, ve srovnání s červnovým měřením je to o 0,94 kg méně než hráči z české ligy. Na konci zimní přestávky u hráčů francouzské ligy bylo naměřeno 69,52 kg s odchylkou 5,64 kg, kdy v porovnání s českou ligou je to o 0,69 kg tukuprosté hmoty méně než hráči z české ligy v lednovém měření. V průběhu sezóny bylo naměřeno 70,10 kg s odchylkou 5,67 kg, a to je v porovnání s hráči z české ligy prosincového měření o 0,70 kg více (Carling & Orhant, 2010).

Množství procentuálního zastoupení tukuprosté hmoty (%FFM) v celém týmu byla zastoupena průměrnou hodnotou 89,76 kilogramů s odchylkou  $\pm 2,52$  kg. U jednotlivce vyšla nejnižší hodnota množstvím %FFM 80,84 % a nejvyšší hodnota 94,84 %. Lednová skupina je v průměru 89,49 % s odchylkou  $\pm 2,93$  %, kdy nejméně bylo naměřeno u jedince s 83,86 % a nejvíce 94,07 %. Červnová skupina je v průměru 89,91 % s odchylkou  $\pm 1,61$  %, kdy nejméně bylo naměřeno u jedince s 86,14 % a nejvíce 93,22 % zastoupení tukuprosté hmoty. Prosincová skupina tvořila nejvyšší hodnoty výpočtu průměru ze všech tří skupin, přesněji 89,95 % s odchylkou  $\pm 2,76$  %. Nejméně %FFM bylo v prosinci naměřeno u probanda s hodnotou 80,84 % a nejvíce u probanda s hodnotou 94,84 %. Porovnání FFM a %FFM mezi jednotlivými skupinami je na obrázku 8.



Obrázek 8. Porovnání hodnot FFM a %FFM mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

Množství svalové hmoty v těle (SMM) v celém týmu je zastoupeno průměrnou hodnotou 40,26 kilogramů s odchylkou  $\pm 3,98$  kg. Nejnižší množství SMM u jednotlivce z celého souboru měřených hráčů byla naměřena hodnota 32,25 kg a nejvyšší zastoupení SMM 50,14 kilogramů. U lednové skupiny vyšla průměrná hodnota SMM 40,43 kilogramů s odchylkou  $\pm 4,47$  kg, kdy nejnižší hodnotu zastupoval proband s množstvím svalové hmoty 32,25 kilogramů a nejvyšší SMM 50,14 kg. Červnová skupina se téměř nelišila od lednové skupiny, naměřili jsme průměrnou hodnotu 40,34 kg s odchylkou  $\pm 3,48$  kg, kdy probandovi s nejnižším zastoupením SMM byla naměřena 33,03 kilogramů a hráči s největším množstvím svalové hmoty 45,46 kg. Prosincová skupina je v průměru 39,98 kilogramů s odchylkou  $\pm 3,94$  kg, kdy nejnižší hodnotu zastupoval proband s množstvím svalové hmoty 32,95 kilogramů a nejvyšší SMM přesně 48 kilogramů. Lze konstatovat, že u účastníků výzkumu v průběhu roku 2017 došlo s přihlédnutím na průměrné hodnoty z jednotlivých měření k úbytku svalové hmoty, což mohlo být způsobeno mnoha faktory, které bez znalosti bližších okolností nedokážeme diagnostikovat.

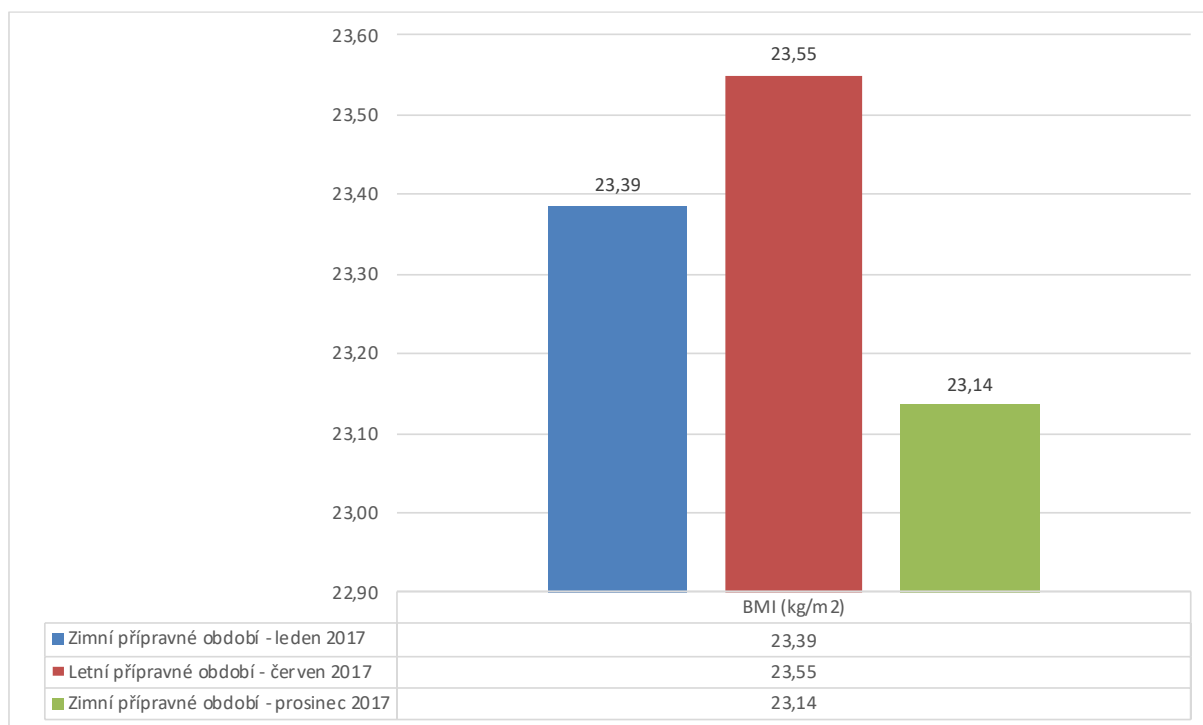
Procentuálního zastoupení svalové hmoty (%SMM) v měřeném celku činilo v průměru 51,68 % s odchylkou  $\pm 1,60$  %, nejmenší množství %SMM a u jednotlivce bylo naměřeno 46,54 % a nejvíce 54,75 % (Sesbreno, Slater, Mountjoy, & Galloway, 2020). První skupina měřená v lednu je v co do procentuálního množství svalové hmoty průměrně zastoupena z 51,51 % s odchylkou  $\pm 1,92$  %. Nejmenší procento svalové hmoty se vyskytlo u hráče s hodnotou 48,06 % a nejvyšší zastoupení u jedince s 54,63 %. U druhé, červnové skupiny nedošlo k výraznějšímu nárůstu %SMM, jelikož průměrná hodnota byla vypočítána na 51,77 % s odchylkou  $\pm 1,00$  %. Nejmenší procento svalové hmoty se vyskytlo u hráče s hodnotou 49,23 % a nejvyšší zastoupení u jedince s 53,85 %. Prosincová skupina taktéž neukázala žádné rapidní změny u prvoligových hráčů, jelikož zprůměrované hodnoty ukázaly zastoupení %SMM na 51,80 % s odchylkou  $\pm 1,67$  %, kdy nejnižší naměřená hodnota jedince byla 46,54 % a nejvyšší hodnota procentuálního zastoupení svalové hmoty 54,75 %. Porovnání SMM a %SMM mezi jednotlivými skupinami fotbalistů je na obrázku 9.



Obrázek 9. Porovnání hodnot SMM a %SMM mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

Hodnoty hmotnostně výškového indexu (BMI) jsou v celém souhrnu probandů vyhodnoceny průměrem 23,36 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm$  1,12 kg/m<sup>2</sup>. Nejnižší hodnoty BMI vykazoval proband, kterému byla naměřena hodnota 19,96 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší hodnota BMI bylo naměřena 26,57 kg/m<sup>2</sup> (Perroni et al., 2019). Lednová skupina se vyznačovala průměrem 23,39 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm$  1,26 kg/m<sup>2</sup>, kdy nejnižší hodnota byla vůbec nejnižší z celého měření, tedy 19,96 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší byla taktéž nejvyšší vůbec, tedy 26,57 kg/m<sup>2</sup>. Skupina měřená v červnu vyšla s průměrem BMI 23,55 kg/m<sup>2</sup> a odchylkou  $\pm$  0,80 kg/m<sup>2</sup>, kdy nejmenší BMI mělo hodnotu 21,75 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší BMI jedince hodnotu 24,75 kg/m<sup>2</sup>. Prosincová skupina měla průměrnou hodnotu BMI 23,14 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm$  1,20 kg/m<sup>2</sup>. U této skupiny bylo nejnižší hodnotou BMI u jedince 21,18 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší 26,28 kg/m<sup>2</sup>. Nicméně hodnota BMI je z našeho pohledu směrodatná pouze pro průměrnou populaci, a nikoliv pro vrcholové sportovce, protože nebere v potaz zastoupení jednotlivých komponent tělesného složení. Tím je myšleno, že pravděpodobně vyšší zastoupení svalové hmoty s menším procentem tuku v těle sportovců může index BMI zvýšit až do hodnot charakteristických pro nadváhu (King, Hills, & Blundell, 2005). Porovnání BMI mezi jednotlivými skupinami je graficky popsáno na obrázku 10. Z porovnávané studie Nováka (2013) vyplývá, že fotbalisti měli množství BMI 23,89 kg/m<sup>2</sup>, což je více než měřené skupiny

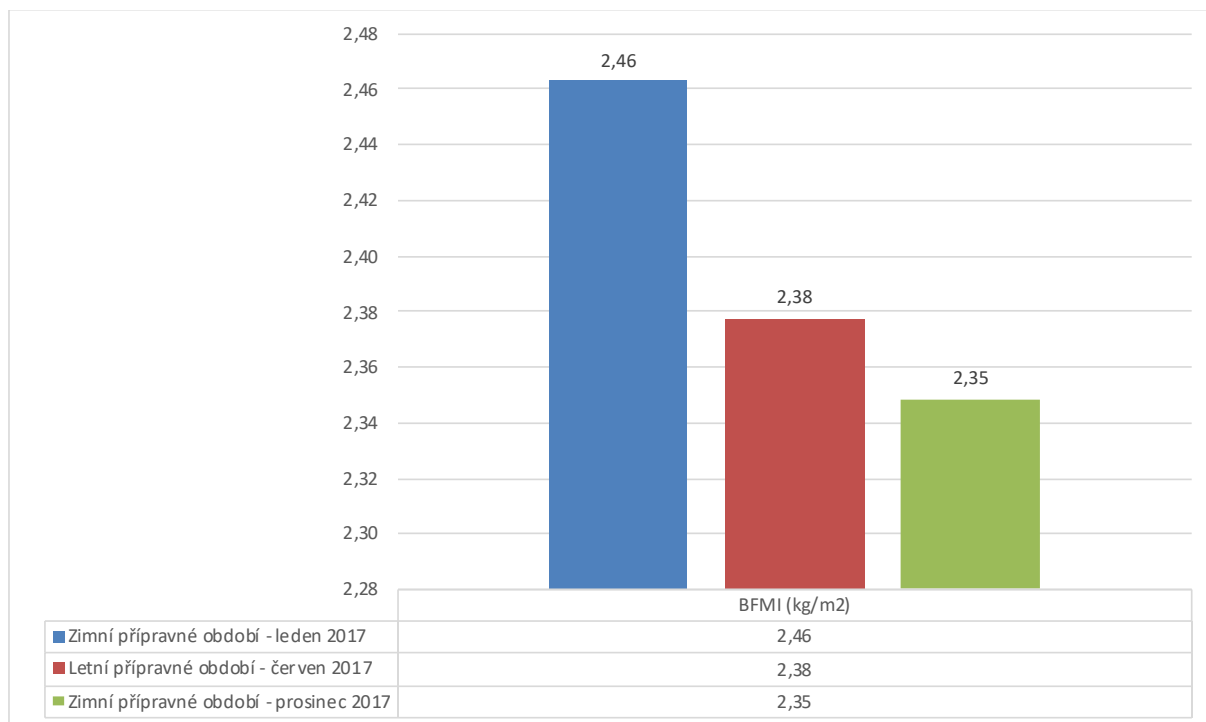
v naší studii. Všechny naměřené skupiny podle světové zdravotnické organizace patří do optimálního rozmezí.



Obrázek 10. Porovnání hodnot BMI mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

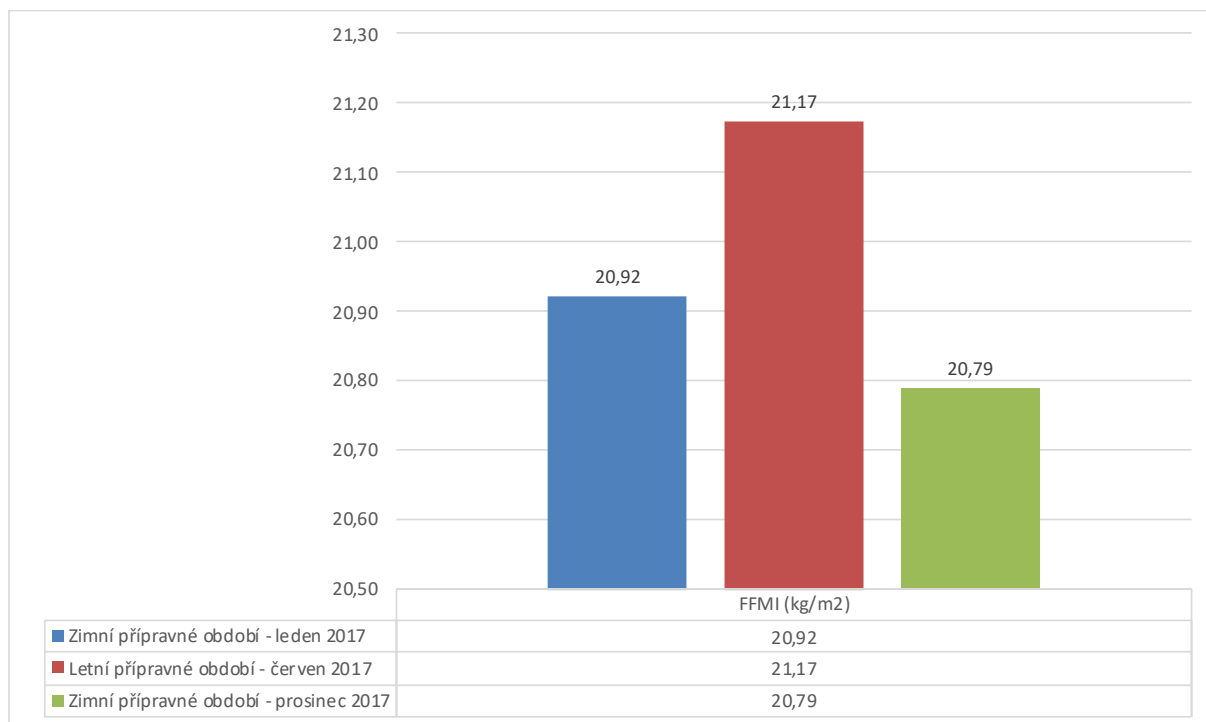
Index množství tělesného tuku (BFMI) u lednové skupina vyšel v průměru hodnotou 2,46 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,73$  kg/m<sup>2</sup>, za okolností, že nejnižší hodnota u jednoho jedince byla 1,39 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší 4,11 kg/m<sup>2</sup>. Prostřední červnová skupina byla vyhodnocena na průměrnou hodnotu BFMI 2,38 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,39$  kg/m<sup>2</sup>. Nejméně z celého souboru probandů byla naměřena hodnota BFMI 1,48 kg/m<sup>2</sup> a nejvíce 3,20 kg/m<sup>2</sup>. Prosincová skupina měla v průměru hodnotu BFMI 2,35 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,76$  kg/m<sup>2</sup>. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u jedince s BFMI 1,09 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší 5,04 kg/m<sup>2</sup>. Porovnání hodnot BFMI mezi jednotlivými měřenými skupinami je graficky zobrazena na obrázku 11. Hodnota běžné populace u mužů je průměrně  $4,6 \pm 1,7$  kg/m<sup>2</sup> (Kyle, Morabia, Schutz, & Pichard, 2004). Z výsledků vyplývá, že naměřené skupiny patří do normálních průměrných hodnot.





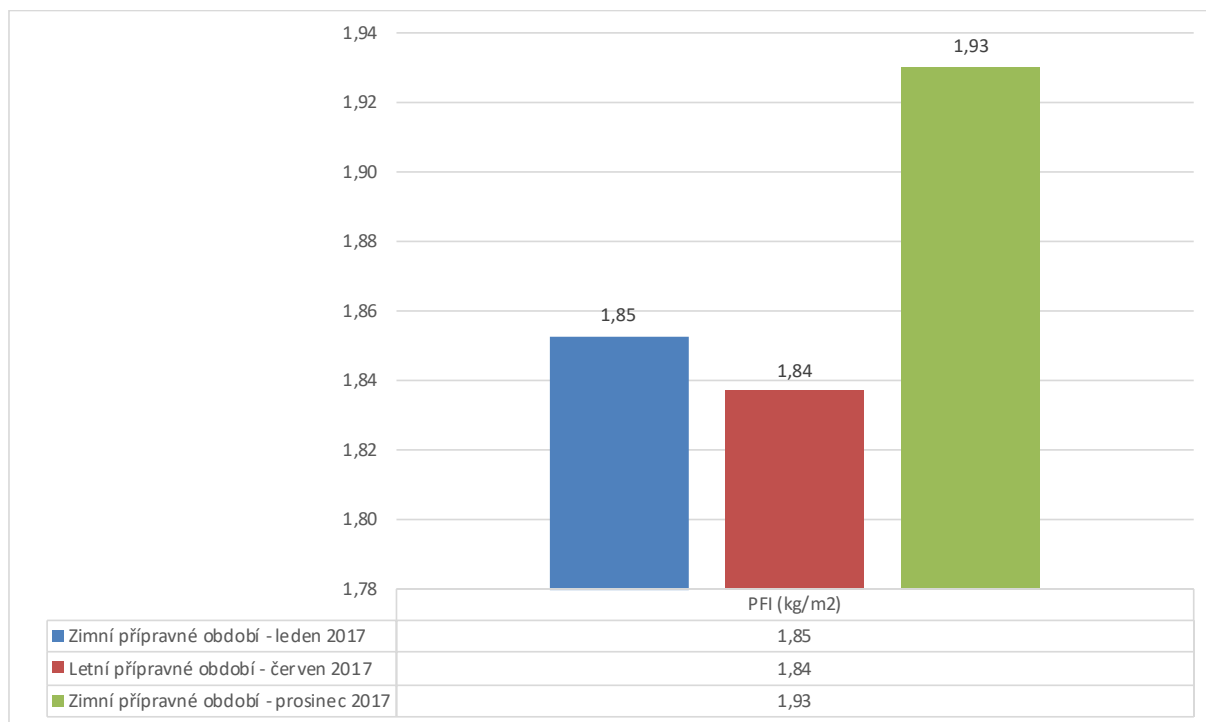
Obrázek 11. Porovnání hodnot BFMI mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

Lednová skupina vyšla na index FFMI v průměru 20,92 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 1,25$  kg/m<sup>2</sup>, přičemž nejnižší hodnota BFMI byla naměřena 17,67 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší 24,45 kg/m<sup>2</sup>. Červnová skupina vyšla na index FFMI v průměru 21,17 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,78$  kg/m<sup>2</sup>, kdy nejmenší naměřená hodnota byla 19,91 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší 22,41 kg/m<sup>2</sup>. Prosincová skupina vyšla na index FFMI v průměru 20,79 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,77$  kg/m<sup>2</sup>, přičemž nejméně bylo naměřeno u jedince s 19,56 kg/m<sup>2</sup> a nejvíce s hodnotou 22,03 kg/m<sup>2</sup>. Porovnání hodnot indexu FFMI mezi jednotlivými skupinami je graficky znázorněna na obrázku 12. Hodnota běžné populace u mužů je průměrně  $19,3 \pm 1,4$  kg/m<sup>2</sup> (Kyle et al., 2004). Z výsledků vyplývá, že naměřené skupiny patří do skupiny s vyšším indexem tukuprosté hmoty, což je spojeno s rozvojem svalové hmoty.



Obrázek 12. Porovnání hodnot FFMI mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

Hodnoty indexu poměru proteinu a tuku (PFI) jsou indexem celkového poměru tělesných bílkovin a tuků vyjádřených v kilogramech. Nejnižší množství PFI bylo naměřeno 0,85 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší 3,68 kg/m<sup>2</sup>. Lednová skupina byla taktéž prezentována průměrnou hodnotou PFI 1,85 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,51$  kg/m<sup>2</sup>, kdy nejméně PFI se vyskytovalo pod hodnotou 1,04 kg/m<sup>2</sup> a nejvíce s hodnotou 3,20 kg/m<sup>2</sup>. Červnová skupina vyšla na index PFI v průměru 1,84 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,35$  kg/m<sup>2</sup>, kdy nejnižší hodnota bylo naměřena jedinci s PFI 1,25 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší s 2,76 kg/m<sup>2</sup>. Prosincová skupina vyšla na index PFI v průměru 1,93 kg/m<sup>2</sup> s odchylkou  $\pm 0,58$  kg/m<sup>2</sup>, přičemž nejnižší naměřená hodnota byla 0,85 kg/m<sup>2</sup> a nejvyšší hodnota 3,68 kg/m<sup>2</sup>. Porovnání indexu PFI mezi jednotlivými skupinami je graficky znázorněno na obrázku 13. Ze studie Dopsaje z roku 2018 vyplynulo, že v individuálních sportech je průměrná hodnota PFI 2,45 kg/m<sup>2</sup> a v týmových sportech je v průměru hodnota PFI 1,72 kg/m<sup>2</sup>. U bojových sportů byla naměřena hodnota PFI 1,99 kg/m<sup>2</sup> (Dopsaj et al., 2018). V porovnání s měřením fotbalistů z naší studie je zřejmé, že hodnota PFI oproti individuálním sportům je v průměru o 0,58 kg/m<sup>2</sup> nižší, v týmových sportech je hodnota 0,15 kg/m<sup>2</sup> vyšší a u bojových sportů je o 0,12 kg/m<sup>2</sup> nižší.



Obrázek 13. Porovnání hodnot PFI mezi jednotlivými skupinami v průběhu sezóny.

## ZÁVĚRY

Pomocí přístroje InBody 720 jsme určili hodnoty vybraných parametrů tělesného složení u prvoligových fotbalistů vybraného klubu, kteří byli rozděleni do tří skupin v různých částech roku dle měření v rozdílném časovém rozptylu tréninkovém procesu. Co se věkového rozpětí týče, skupiny se pohybovaly v rozmezí průměrných hodnot od 23,12 do 23,93 let. Průměrný věkový rozdíl byl 0,81 let. Tělesná hmotnost jednotlivých skupin se pohybovala v rozmezí 77,23 kg až 78,47 kg. Průměrný rozdíl mezi průměrnou hmotností jednotlivých skupin tvořil 1,24 kg. Výška hráčů se ve sledovaném souboru hráčů pohybovaly v rozmezí od 181,71 cm do 182,96 cm. Výškový rozdíl byl naměřen v průměru 1,25 cm.

Množství celkové tělesné vody v jednotlivých skupinách se pohybovalo v rozmezí od 50,69 l (65,69 %) do 51,34 l (65,44 %). Rozdíl v zastoupení vody v těle hráčů byl 0,65 l (0,32 %). Množství nitrobuněčné vody jednotlivých skupin bylo v rozmezí 32,19 l (41,47 %) do 32,54 l (41,72 %). Rozdíl v množství nitrobuněčné vody byl 0,35 l (0,25 %). Množství mimobuněčné vody bylo v rozmezí 18,50 l (23,97 %) do 18,80 l (24,06 %). Rozdíl mimobuněčné vody mezi skupinami byl 0,30 l (0,10 %). Množství tukové složky v jednotlivých skupinách se pohybovalo od 7,82 kg (10,06 %) do 8,26 kg (10,51 %). Rozdíl v tělesném tuku byl 0,43 kg (0,45 %). Množství tukuprosté hmoty v jednotlivých skupinách se pohybovalo v rozmezí 69,40 kg (89,49 %) do 70,21 kg (89,95 %). Rozdíl tukuprosté hmoty mezi skupinami byl 0,81 kg (0,46 %). Množství kosterního svalstva v jednotlivých skupinách se pohybovalo v rozmezí 39,98 kg (51,51 %) do 40,43 kg (51,80 %). Rozdíl kosterního svalstva mezi skupinami bylo 0,45 kg (0,30 %).

Index tělesné hmotnosti (BMI) se pohyboval v rozmezí od 23,14 kg/m<sup>2</sup> do 23,55 kg/m<sup>2</sup>. Rozdíl mezi skupinami byl 0,41 kg/m<sup>2</sup>. Index charakterizující hmotu bez tukové složky (FFMI) v jednotlivých skupinách byl naměřen v rozmezí 20,79 kg/m<sup>2</sup> do 21,17 kg/m<sup>2</sup>. Rozdíl byl 0,38 kg/m<sup>2</sup>. Index tělesného tuku (BFMI) v jednotlivých skupinách se pohybovalo od 2,35 kg/m<sup>2</sup> do 2,46 kg/m<sup>2</sup>. Rozdíl mezi skupinami byl 0,11 kg/m<sup>2</sup>. Index bílkovin a tuků (PFI) v jednotlivých skupinách se pohybuje v hodnotách od 1,84 kg/m<sup>2</sup> do 1,93 kg/m<sup>2</sup>. Rozdíl indexů v jednotlivých skupinách byl pouze 0,09 kg/m<sup>2</sup>. V porovnání s hodnotami normální populace měli hráči prvoligového týmu více tělesné vody, s čímž souvisí i vyšší zastoupení extracelulární a intracelulární vody, dále tukuprosté hmoty a kosterního svalstva.

Ve srovnání naměřené skupiny profesionálních fotbalistů ze studie Nováka (2013) s průměrnými hodnotami prvoligových fotbalistů z naší studie byli fotbalisté ze studie Nováka v průměru o 1,33 roku starší, nižší v průměru o 1,37 centimetrů a měli také o 2,70 kilogramů vyšší hmotnost. Průměrné zastoupení procentuální množství tuku v těle měli fotbalisté ze

studie Nováka o 1,76 % více než fotbalisté z naší studie. Hodnota BMI byla ve studii Nováka naměřena o 0,53 kg/m<sup>2</sup> větší než u fotbalistů z naší studie.

Autoři Bunc, Hráský a Skalská (2015) a jejich studie o profesionálních fotbalistech v České republice se zabývá podobnou tematikou rozdělením do tří skupin. Porovnávané hodnoty lednového měření s naší studií mají méně tělesného tuku o 0,36 kilogramů, o 0,01 % méně procentuálního zastoupení tělesného tuku, o 2,81 kilogramů tukuprosté hmoty. Porovnávané hodnoty červnového měření s naší studií mají méně tělesného tuku o 0,54 kilogramů, o 0,59 % méně procentuálního zastoupení tělesného tuku, o 0,05 kilogramů více tukuprosté hmoty. Porovnávané hodnoty prosincového měření s naší studií mají méně tělesného tuku o 0,22 kilogramů, o 0,14 % většího procentuálního zastoupení tělesného tuku, o 2,00 méně kilogramů tukuprosté hmoty.

## SOUHRN

Cílem bakalářské práce byla analýza tělesného složení prvoligových fotbalistů stanovená pomocí bioelektrické impedanční metody. K analýze byl použit multifrekvenční přístroj InBody 720 a celý výzkum probíhal v roce 2017 rozdělený na tři výzkumné sektory v prostorách výzkumného centra Fakulty tělesné kultury Palackého Univerzity v Olomouci.

Celý výzkumný soubor byl tvořen hráči mužské kategorie českého prvoligového týmu, u kterých byla provedena analýza tělesného složení. Počet naměřených probandů v jednotlivých skupinách byl následující: skupina měřená v lednu ( $n=27$ ), v červnu ( $n=21$ ), v prosinci ( $n=22$ ). Průměrná tělesná výška a hmotnost hráčů měřená v lednu byla 182,96 cm a hmotnost 78,47 kg. Skupina měřená v červnu měla průměrnou tělesnou výšku 181,71 cm a tělesná hmotnost v průměru 77,89 kg. Do poslední skupiny patřili hráči měření v prosinci, průměrná tělesná výška této skupiny byla 182,48 cm a hmotnost 77,23 kg. Hodnoty tělesné výšky a hmotnosti jsou uvedeny v percentilových grafech. V teoretické části práce zabýváme vymezením základních pojmů. Podrobně charakterizujeme informace o tělesném složení, historii měření tělesného složení, modelech tělesného složení, jeho jednotlivých složkách a metodách odhadu. Část teoretické části se věnuje fotbalu jako takovému, tedy jeho charakteristikou, základními pravidly tohoto sportu, jeho krátkou historií a informacemi o nejvyšší soutěži.

Zastoupení celkové tělesné vody v těle vycházelo v rozmezí 50,69–51,34 litrů, nejvíce byla TBW zastoupena ve skupině měřená v lednu a nejméně ve skupině prosincové. Procentní zastoupení TBW se pohybovalo na škále od 65,44–65,75 %, nejvyšší bylo u skupiny měřená v červnu, nejmenší u skupiny měřená v lednu. Množství nitrobuněčné vody bylo v rozmezí 32,19–32,54 litrů. Nejvíce ICW bylo ve skupině měřená v lednu, nejméně ve skupině měřená v prosinci. Procentní zastoupení ICW bylo rozloženo od hodnot 41,47 do 41,72 %, nejvíce ve skupině měřená v prosinci, nejméně u hráčů měřených v lednu. Mimobuněčná voda se svým množstvím v těle pohybovala na škále 18,50–18,80, nejvíce ECW bylo ve skupině lednové, nejméně bylo ve skupině prosincové. Procentní zastoupení ECW se pohybovalo v rozmezí 23,97–24,06 %, nejvíce %ECW bylo ve skupině červnové, nejméně bylo ve dvou skupinách zároveň lednové i prosincové.

Hodnota množství tělesného tuku se pohybovala od 7,82 do 8,26 kilogramů, nejmenší hodnoty BFM se vyskytovaly ve skupině prosincové, největší u hráčů měřených v lednu. Procentní zastoupení tělesného tuku jsme naměřili u hráčů v rozmezí 10,06–10,51 %, nejméně %BF u skupiny prosincové a nejvíce u skupiny lednové. Tukuprostá hmota byla zastoupena nejvíce v lednové skupině a nejméně ve skupině prosincové, hodnoty skupin se

pohybovaly v rozmezí 69,40–70,21 kg. Procentní zastoupení FFM bylo od 89,49–89,95 %, největší bylo %FFM u skupiny prosincové a nejméně u skupiny lednové. Kosterní svalstvo bylo zastoupeno v rozmezí od 39,98–40,43 kg, nejvíce ve skupině lednové a nejméně bylo naměřeno v prosinci. Procentní zastoupení SMM je v rozmezí 51,51–51,80 %, nejvíce %SMM je u skupiny prosincové a nejméně u skupiny lednové.

Hodnoty BMI se pohybovaly v rozmezí 23,14–23,55 kg/m<sup>2</sup>, nejvyšší hodnoty BMI se vyskytovaly ve skupině červnové a nejnižší hodnoty ve skupině prosincové. Hodnoty FFMI se pohybovaly v rozmezí 20,79–21,17 kg/m<sup>2</sup>, nejvyšší hodnoty byly naměřeny ve skupině červnové, nejnižší hodnoty FFMI ve skupině prosincové. Hodnoty BFMI se pohybovaly v rozmezí 2,35–2,46 kg/m<sup>2</sup>, nejvyšší hodnoty byly naměřeny ve skupině naměřené v lednu, nejnižší hodnoty BFMI ve skupině prosincové. Hodnoty PFI se pohybovaly v rozmezí 1,84–1,93 kg/m<sup>2</sup>, nejvyšší hodnoty byly naměřeny ve skupině prosincové, nejnižší hodnoty PFI ve skupině červnové.

Průměrné hodnoty sledovaných parametrů mezi skupinami byly velmi podobné. V některých případech můžeme zaznamenat větší rozdíly mezi minimální a maximální hodnotou v dané skupině. Tyto rozdíly mohou být způsobeny různými typy hráčů. V závislosti na postu se liší i požadavky na průměrný věk, hmotnost i výšku hráčů.

Cíle bakalářské práce byly splněny.

## SUMMARY

The aim of the bachelor's thesis was to analyze the body composition of professional football players by using the bioelectric impedance method. The multi-frequency device InBody 720 was used during the whole process. The whole research took place in 2017 and was divided into three research measurements in the premises of the research center of the Faculty of Physical Education of Palacky University in Olomouc.

The entire research group consisted of players from the men's category of the Czech first league team, for whom an analysis of body composition was done. The number of measured probands in individual groups was as follows: group measured in January ( $n = 27$ ), in June ( $n = 21$ ), in December ( $n = 22$ ). The average body height and weight of the players measured in January was 182,96 cm and the weight was 78,47 kg. The group measured in June had an average body height of 181,71 cm and an average body weight of 77,89 kg. The last group included players measured in December, the average body height of this group was 182,48 cm and the weight was 77,23 kg. Body height and weight values are shown in the percentile graphs. The theoretical part of this work defines basic concepts with focus on the history, types and individual components of a body composition and estimation methods. One section is devoted to football itself such as history, basic rules and details about the highest competition in Czech republic.

The proportion of water in player's body was in the range of 50,69–51,34 liters, TBW was the most represented in the group measured in January and the least in the December group. The percentage of TBW ranged from 65,44 to 65,75%, the highest was in the group measured in June, the lowest in the group measured in January. The amount of intracellular water ranged from 32,19 to 32,54 liters. The most ICW was in the group measured in January, the least in the group measured in December. The percentage of ICW was in range from 41,47 to 41,72%, the most in the group measured in December, the least at players measured in January. The extracellular water in the body ranged from 18,50 to 18,80, the most ECW was in the January group, the least was in the December group. The percentage of ECW ranged from 23,97 to 24,06%, the highest percentage of ECW was in the June group, the lowest was in both January and December.

The value of body fat ranged from 7,82 to 8,26 kg, the lowest value BFM occurred in the group in December, highest at players in January. We measured the percentage of body fat at players in the range of 10,06–10,51%, the lowest percentage BF we found in the December group and the highest in the January group. Fat-free mass was represented the most in the January group and the least in the December group, these values ranged from 69,40 to 70,21



kg. The percentage of FFM was from 89,49 to 89,95%, the highest percentage was the FFM in the December group and the lowest in the January group. Skeletal muscle was represented in the range from 39,98–40,43 kg, the most in the January group and the least measured in the December group. The percentage of SMM is in the range of 51,51–5,80%, the highest percentage of SMM was in the December group and the least in the January group.

BMI values ranged from 23,14 to 23,55 kg/m<sup>2</sup>, the highest BMI values occurred in the June group and the lowest values in the December group. FFMI values ranged from 20,79 to 21,17 kg/m<sup>2</sup>, the highest values were measured in the June group, the lowest FFMI values in the December group. BFMI values ranged from 2,35 to 2,46 kg/m<sup>2</sup>, the highest values were measured in the January group, the lowest BFMI values in the December group. PFI values ranged from 1.84 to 1.93 kg/m<sup>2</sup>, the highest values were measured in the December group, the lowest PFI values in the June group.

The average values of the monitored parameters between the groups were very similar. In some cases, we may notice larger differences between the minimum and maximum value in a given group. However, this is caused mainly due to the individual typology of players. Depending on the post, the requirements for the average age, weight and height of the players also differ.

Objectives of the thesis have been met.

## REFERENČNÍ SEZNAM

- Andreoli, A., Melchiorri, G., Brozzi, M., Di Marco, A., Volpe, S. L., Garofano, P., ... De Lorenzo, A. (2003). Effect of different sports on bodycell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetologica*, 40(1), s122–s125. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0043-9>
- Bernaciková, M., Kapounková, K., & Novotný, J. (2010). Fyziologie sportovních disciplín. Získáno 26. duben 2020, z <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/hry-fotbal.html>
- Biospace. (2004). Inbody 720, the precision body composition analyser: user's guide, BIOSPACE, E. Inbody 720, the precision body compos.
- Bláha, P. (1982). *Antropometrie československé populace od 6 do 35 let: Československá spartakiáda 1980*. ÚNZ hl. m. Prahy. Získáno z <https://books.google.cz/books?id=AXY8twAACAAJ>
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., Vyhnánek, J., Palackého, U., & kultury, F. tělesné. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory: (vybrané kapitoly)*.
- Campa, F., & Toselli, S. (2018). Bioimpedance Vector Analysis of Elite, Subelite, and Low-Level Male Volleyball Players. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 13(9), 1250–1253. Získáno z <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=132868450&lang=cs&site=ehost-live>
- Carbuhn, A. F., Fernandez, T. E., Bragg, A. F., Green, J. S., & Crouse, S. F. (2010). Sport and Training Influence Bone and Body Composition in Women Collegiate Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7). Získáno z [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2010/07000/Sport\\_and\\_Training\\_Influence\\_Bone\\_and\\_Body.2.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2010/07000/Sport_and_Training_Influence_Bone_and_Body.2.aspx)
- Charmas, M., & Gromisz, W. (2019). Effect of 12-Week Swimming Training on Body Composition in Young Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 346. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030346>
- Clark, N. (2014). *Sportovní výživa*. Praha: Grada.
- Dovalil, J. (2009). *Výkon a trénink ve sportu* (3. vyd.). Praha: Olympia.
- Dvořák, V. (2012). *Porovnání somatických parametrů fotbalistů*.

- Fiúza Inácio Freitas, M. A., de Araújo Santos, T. C., de Lucena, J. S., Oliveira Takenam, I., & de Rezende, M. O. C. (2017). Percentual de gordura corporal de jogadores de futebol. / Body fat percentage of football players. *Revista Brasileira de Nutrição e Esportiva*, 11(65), 603–609. Získáno z <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=125098052&lang=cs&site=ehost-live>
- Forejt, M. (2018). Hydratace a voda v lidském těle - InBody. Získáno 16. červen 2020, z <https://www.inbody.cz/blog/844-hydratace-a-voda-v-lidskem-tele>
- Formánek, J. (2015). Pitný režim: Doplnování tekutin v tropickém počasí. Získáno 2. květen 2020, z <http://www.trenink.com/index.php/vyziva-a-pitny-rezim/pitny-rezim/2990-pitny-rezim-doplnovani-tekutin-v-tropickem-pocasi>
- Forť, S. (2004). Bajk.cz - Palivo pro výkon, aneb co jíst před, při a po. Získáno 2. květen 2020, z [http://www.bajk.cz/data/clanek.asp?id\\_clanek=501](http://www.bajk.cz/data/clanek.asp?id_clanek=501)
- FORTUNA:LIGA. (2020). Získáno 2. květen 2020, z <https://www.fortunaliga.cz/tabulka>
- Gába, A., Riegerová, J., & Přidalová, M. (2009). Hodnocení tělesného složení u seniorek - studentek U3V pomocí InBody 720. *Česká antropologie*, 59, 25–28.
- Gába, A., Zając-Gawlak, I., Přidalová, M., & Pošpiech, D. (2011). Analýza rozdílů u vybraných parametrů tělesného složení stanovených přístrojem InBody 720 a Tanita BC-418. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 20, 88–96.
- Heymsfield, S. B., Van Loan, M., Shen, W., Wang, Z., & St-Onge, M. (2005). Human Body Composition: 2nd ed. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(6), 1361. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.6.1361>
- Hronek, M. (2013). *Praktická cvičení z morfologie a fyziologie*. Karlova Univerzita v Praze.
- Its my life. (2020). Analýza těla InBody je nejpřesnější vážení těla na trhu | It's my life! Získáno 26. duben 2020, z <https://www.itsmylife.cz/o-its-my-life/analyza-tela/>
- King, N. A., Hills, A. P., & Blundell, J. E. (2005). High Body Mass Index is not a barrier to physical activity: Analysis of international rugby players' anthropometric data. *European Journal of Sport Science*, 5(2), 73–75. Získáno z <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=17886332&lang=cs&>

site=ehost-live

Kittnar, O. (2011). *Lékařská fyziologie*. Grada publishing, as, Praha.

Kopl, L. (2020). Vánoce Jiráčka. *Deník*. Získáno z <https://decinsky.denik.cz/fotbal-zajimavosti/vanoce-jiracka-byly-stridmejsi-driv-jsem-mohl-pribrat-ted-uz-ne-smeje-se-20200104.html>

Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie:(pro studující obor Tv a sport)*. Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, katedra tělesné výchovy.

Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., ... Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>

Macho, M. (2019). *Fotbal: historie od počátku do současnosti*.

Maughan, R. J., & Burke, L. (2006). *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. Praha: Galén.

Novák, J. (2013). Co se děje v organismu hráče při fotbalovém utkání. *Fotbal a trénink*, 4, 10–13.

Nutriadapt. (2016). Kolik tělesného tuku máme mít | NUTRIADAPT. Získáno 17. červenec 2020, z [https://www.nutriadapt.cz/zajimave-cteni/kolik-telesneho-tuku-mame-mit?fbclid=IwAR1GfhroU9qgGu\\_NsswXXX07rttn\\_3CoJU2g3vIQ8wq2Xg53cxqIYE2yJgc](https://www.nutriadapt.cz/zajimave-cteni/kolik-telesneho-tuku-mame-mit?fbclid=IwAR1GfhroU9qgGu_NsswXXX07rttn_3CoJU2g3vIQ8wq2Xg53cxqIYE2yJgc)

Orhan, O., Sağır, M., & Zorba, E. (2013). Comparison of Somatotype Values of Football Players in Two Professional League Football Teams According to the Positions. *Collegium antropologicum*, 37, 401–405.

Pařízková, J. (1977). *Body fat and physical fitness: body composition and lipid metabolism in different regimes of physical activity*. The Hague: Martinus Nijhoff.

Pastucha, D. (2011). *Pohyb v terapii a prevenci dětské obezity*. Praha: Grada.

Perroni, F., Fittipaldi, S., Falcioni, L., Ghizzoni, L., Borrione, P., Vetrano, M., ... Baldari, C. (2019). Effect of pre-season training phase on anthropometric, hormonal and fitness parameters in young soccer players. *PLoS ONE*, 14(11), 1–16. Získáno z

<http://10.0.5.91/journal.pone.0225471>

Podíl tělesné vody. (b.r.). Získáno 21. červen 2020, z <http://www.lekarske-vahy.cz/podil-telesne-vody.htm>

Přidalová, M., & Kopecký, M. (2013). Srovnání vybraných zdravotních ukazatelů tělesného složení studentů a studentek FTK UP a PDF UP v Olomouci s ohledem na kategorizaci dle BMI a fitness skóre. *A comparison of selected health indicators of body composition in men and women students of FPC UP and FE UP in Olomouc with regard to a categorization on BMI and representation of fat component.*, 63(2), 27–34. Získáno z <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=98720107&lang=cs&site=ehost-live>

Procházka, K. (1987). *Fotbal to je hra*. Praha: Olympia.

Psotta, R. (2006). *Fotbal: kondiční trénink : moderní koncepce tréninku, principy, metody a diagnostika, teorie sportovního tréninku*. Praha: Grada.

Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.

Rokyta, R. (2008). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.

Rokyta, R. et al. (2008). *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: Nakladatelství ISV.

Schubert, C. M., Rogers, N. L., Remsberg, K. E., Sun, S. S., Chumlea, W. C., Demerath, E. W., ... Siervogel, R. M. (2006). Lipids, lipoproteins, lifestyle, adiposity and fat-free mass during middle age: the Fels Longitudinal Study. *International Journal of Obesity*, 30(2), 251–260. Získáno z <http://10.0.4.14/sj.ijo.0803129>

Sesbreno, E., Slater, G., Mountjoy, M., & Galloway, S. D. R. (2020). Development of an Anthropometric Prediction Model for Fat-Free Mass and Muscle Mass in Elite Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 30(2), 174–181. Získáno z <http://10.0.4.99/ijsnem.2019-0232>

Svačina, S. (2008). *Klinická dietologie*. Praha: Grada.

Svensson, M., & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6),

601–618. <https://doi.org/10.1080/02640410400021294>

- Tělesná diagnostika - InBody. (2009). Získáno 2. květen 2020, z <https://www.inbody.cz/>
- Vaidová, E., & Kaplan, A. (2012). Plyometrická metoda posilování v kondiční přípravě fotbalisty. *Česká antropologie*, *16*(2), 35–44.
- Vilikus, Z. (2015). *Výživa sportovců: a sportovní výkon*. Získáno z <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1107666>
- Völgyi, E., Tylavsky, F. A., Lyytikäinen, A., Suominen, H., Alén, M., & Cheng, S. (2008). Assessing Body Composition With DXA and Bioimpedance: Effects of Obesity, Physical Activity, and Age. *Obesity*, *16*(3), 700–705. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.94>
- Votík, J. (2005). *Trenér fotbalu „B“ UEFA licence*. Praha: Nakladatelství OLYMPIA.
- Votík, J., Zalabák, J., Bursová, M., & Šrámková, P. (2011). *Fotbalový trenér: základní průvodce tréninkem*. Praha: Grada.
- Zapata-Gómez, D., Cerda-Kohler, H., Burgos, C., Báez-San Martín, E., & Ramirez-Campillo, R. (2020). Validation of a Novel Equation to Predict Lower-Limb Muscle Mass in Young Soccer Players: A Brief Communication. *Validación de una Nueva Ecuación para Predecir la Masa Muscular de los Miembros Inferiores en Jugadores Jóvenes de Fútbol: Una Comunicación Breve.*, *38*(3), 665–669. Získáno z <http://10.0.15.227/s0717-95022020000300665>

## SEZNAM PŘÍLOH

Tabulka 1. Popisné charakteristiky tělesné hmotnosti a výšky

Tabulka 2. Popisné charakteristiky u vybraných parametrů tělesného složení ze zimního přípravného období–leden 2017

Tabulka 3. Popisné charakteristiky u vybraných parametrů tělesného složení z letního přípravného období–červen 2017

Tabulka 4. Popisné charakteristiky u vybraných parametrů tělesného složení ze zimního přípravného období–prosinec 2017

Tabulka 1. Popisné charakteristiky tělesné hmotnosti a výšky

		<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
<b>Testy leden 2017</b>	<b>Výška (cm)</b>	182,96	6,26	170,50	195,80
	<b>Hmotnost (kg)</b>	78,47	7,90	64,60	92,90
<b>Testy červen 2017</b>	<b>Výška (cm)</b>	181,71	5,46	170,00	189,60
	<b>Hmotnost (kg)</b>	77,89	6,14	65,00	87,20
<b>Testy prosinec 2017</b>	<b>Výška (cm)</b>	182,48	6,44	170,40	195,80
	<b>Hmotnost (kg)</b>	77,23	7,78	66,50	94,00



Tabulka 2. Popisné charakteristiky u vybraných parametrů tělesného složení ze zimního přípravného období - leden 2017

<b>Leden 2017</b>		<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
	<b>TBW (l)</b>	51,34	5,34	41,60	62,20
	<b>ICW (l)</b>	32,54	3,43	26,30	40,00
	<b>ECW (l)</b>	18,80	1,93	15,10	22,30
	<b>FFM (kg)</b>	70,21	7,34	56,80	85,50
	<b>BFM (kg)</b>	8,26	2,54	4,60	14,10
	<b>%BF (%)</b>	10,51	2,92	5,89	16,10
	<b>SMM (kg)</b>	40,43	4,47	32,25	50,14
	<b>BFMI kg/m<sup>2</sup></b>	2,46	0,73	1,39	4,11
	<b>FFMI kg/m<sup>2</sup></b>	20,92	1,25	17,67	24,45
	<b>PFI kg/m<sup>2</sup></b>	1,85	0,57	1,04	3,20

Tabulka 3. Popisné charakteristiky u vybraných parametrů tělesného složení z letního přípravného období - červen 2017

<b>Červen 2017</b>		<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
	<b>TBW (l)</b>	51,23	4,30	42,30	57,70
	<b>ICW (l)</b>	32,48	2,66	26,90	36,40
	<b>ECW (l)</b>	18,75	1,65	15,40	21,30
	<b>FFM (kg)</b>	70,05	5,89	57,80	78,90
	<b>BFM (kg)</b>	7,84	1,24	5,00	9,90
	<b>%BF (%)</b>	10,09	1,61	6,76	13,81
	<b>SMM (kg)</b>	40,34	3,48	33,03	45,46
	<b>BFMI kg/m<sup>2</sup></b>	2,38	0,39	1,48	3,20
	<b>FFMI kg/m<sup>2</sup></b>	21,17	0,78	19,91	22,41
	<b>PFI kg/m<sup>2</sup></b>	1,84	0,35	1,25	2,76

Tabulka 4. Popisné charakteristiky u vybraných parametrů tělesného složení ze zimního přípravného období - prosinec 2017

<b>Prosinec 2017</b>		<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
	<b>TBW (l)</b>	50,69	4,86	42,00	61,20
	<b>ICW (l)</b>	32,19	3,01	26,80	38,30
	<b>ECW (l)</b>	18,50	1,86	15,20	22,90
	<b>FFM (kg)</b>	69,40	6,66	57,60	83,60
	<b>BFM (kg)</b>	7,82	2,61	4,00	16,90
	<b>%BF (%)</b>	10,06	2,75	5,22	19,11
	<b>SMM (kg)</b>	39,98	3,94	32,95	48,00
	<b>BFMI kg/m<sup>2</sup></b>	2,35	0,76	1,09	5,04
	<b>FFMI kg/m<sup>2</sup></b>	20,79	0,77	19,56	22,03
	<b>PFI kg/m<sup>2</sup></b>	1,93	0,58	0,85	3,68