



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta

Katedra tělesné výchovy a sportu

Bakalářská práce

# **Analýza závislosti vybraných ventilačních a somatických parametrů adolescentních fotbalistů na věku a délce systematického tréninku**

Vypracoval: Jakub Pařízek

Vedoucí práce: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2022



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**University of South Bohemia in České Budějovice**

Faculty of Education

Department of Sports Studies

Bachelor thesis

**Analysis of the dependence of selected  
ventilation and somatic parameters of  
adolescent footballers on the age and  
length of systematic training**

Author: Jakub Pařízek

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2022

## **Bibliografická identifikace**

**Název bakalářské práce:** Analýza závislosti vybraných ventilačních a somatických parametrů adolescentních fotbalistů na věku a délce systematického tréninku

**Jméno a příjmení autora:** Jakub Pařízek

**Studijní obor:** AJu-TVZu-SZu

**Pracoviště:** Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

**Vedoucí bakalářské práce:** PhDr. Petr Bahenský, Ph.D

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2022

### **Abstrakt:**

Cílem bakalářské práce bylo zjistit hodnoty určitých ventilačních a somatických parametrů a komparace výsledků dorosteneckých kategorií U16, U17, U18 a U19 s danými normami. Fotbalisté podstoupili měření na běžeckém ergometru formou stupňovaného běhu do „vita maxima“ a přístroji Tanita BC 418 MA na začátku letní přípravy v Laboratoři funkční zátěžové diagnostiky na KTVS JU před začátkem sezóny 2021/2022. Mezi zkoumané somatické parametry patřila hodnota BMI a podíl svalové a tukové hmoty. K ventilačním parametrům patřila hodnota maximální spotřeby/příjmu kyslíku, dechového objemu, dechové frekvence, minutové ventilace a srdeční frekvence při vrcholu  $VO_2max$ . Fotbalisté dosahovali kromě dechového objemu a dechové frekvence optimálních či nadprůměrných hodnot, přičemž věcné a statistické významnosti rozdílů hodnot byly prokázány u všech parametrů. Průměr hodnot nejdůležitějšího parametru  $VO_2max$  byl  $59,17 \pm 4,25 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  u kategorie U16,  $59,21 \pm 3,57 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  u kategorie U17,  $58,44 \pm 5,15 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  u kategorie U18 a  $59,05 \pm 3,94 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  u kategorie U19. Výsledky práce mohou poukázat na nadprůměrně dosažené parametry a mohou napomoci k sestavení zaměřeného tréninku na nedostatečně rozvinuté.

**Klíčová slova:** fotbalisté, běžecký ergometr,  $VO_2max$ , komparace výsledků

**Bibliographical identification**

**Title of the bachelor thesis:** Analysis of the dependence of selected ventilation and somatic parameters of adolescent footballers on the age and length of systematic training

**Author's first name and surname:** Jakub Pařízek

**Field of study:** AJu-TVZu-SZu

**Department:** Department of Sports studies

**Supervisor:** PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

**The year of presentation:** 2022

**Abstract:**

The aim of the bachelor thesis was to determine the values of certain ventilation and somatic parameters and to compare the results of adolescent categories U16, U17, U18 and U19 with the given standards. The footballers underwent measurements on a running ergometer in the form of a stepped run to the "vita maxima" and the Tanita BC 418 MA device at the beginning of the summer pre-season at the Laboratory of Load Diagnostics at DPSS, University of South Bohemia before the start of the 2021/2022 season. The examined somatic parameters included the BMI value and the proportion of muscle and fat mass. Ventilation parameters included maximum oxygen consumption/uptake, tidal volume, breath frequency, minute ventilation, and heart rate at the  $VO_2$  peak. Footballers achieved optimal or above-average values for all parameters except the tidal volume and breath frequency, while the factual and statistical significance of the differences in values was proved for all parameters. The average of the values of the most important parameter  $VO_{2max}$  was  $59.17 \pm 4.25$   $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  in category U16,  $59.21 \pm 3.57$   $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  in category U17,  $58.44 \pm 5.15$   $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  in category U18 and  $59.05 \pm 3.94$   $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  in category U19. The results of the work may point to above-average achieved parameters and may help to create focused training on the underdeveloped ones.

**Keywords:** footballers, treadmill,  $VO_{2max}$ , comparison of the results

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu uvedené literatury

Prohlašuji, že v souladu § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě archivované Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím také s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledků obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátu.

Datum .....

.....

podpis studenta

## **Poděkování**

Děkuji mému vedoucímu bakalářské práce panu PhDr. Petru Bahenskému, PhD. za cenné rady, připomínky, odbornou pomoc při konzultacích, zapůjčený materiál a poskytnutí laboratoře KTVS k provedení měření. Dále bych chtěl poděkovat fotbalistům Akademie Sportovního klubu Dynamo České Budějovice, kteří byli součástí výzkumného souboru jako probandi, a trenérům, kteří mi poskytli dodatečné informace.

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Úvod</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>2 Metodologie</b> .....                                   | <b>9</b>  |
| 2.1 Cíl, úkoly, hypotézy a vědecké otázky .....              | 9         |
| 2.1.1 Cíl práce .....  | 9         |
| 2.1.2 Úkoly práce .....                                      | 9         |
| 2.1.3 Hypotézy .....   | 9         |
| 2.1.4 Vědecké otázky .....                                   | 9         |
| 2.2 Použité metody .....                                     | 10        |
| 2.3 Rešerše literatury .....                                 | 11        |
| <b>3 Přehled poznatků – teoretická východiska</b> .....      | <b>14</b> |
| 3.1 Fotbal .....   | 14        |
| 3.2 Sportovní výkon .....                                    | 14        |
| 3.3 Dlouhodobá koncepce sportovního tréninku .....           | 16        |
| 3.4 Druhy tréninkového procesu .....                         | 19        |
| 3.5 Transportní mechanismus .....                            | 25        |
| 3.6 Frakcionace lidského těla .....                          | 27        |
| 3.7 Zátěžová funkční diagnostika ve sportu .....             | 31        |
| 3.8 Spiroergometrie .....                                    | 35        |
| <b>4 Projekt experimentu, jeho organizace a průběh</b> ..... | <b>39</b> |
| 4.1 Využití testovací přístroje .....                        | 39        |
| 4.2 Charakteristika testovaného souboru .....                | 43        |
| 4.3 Průběh výzkumu .....                                     | 48        |
| <b>5 Výsledky somatických parametrů</b> .....                | <b>51</b> |
| 5.1 BMI .....  | 51        |
| 5.2 Svalová hmota .....                                      | 54        |
| 5.3 Podíl tukové hmoty .....                                 | 56        |
| <b>6 Výsledky ventilačních parametrů</b> .....               | <b>60</b> |
| 6.1 $VO_2$ max .....   | 60        |
| 6.2 Dechový objem .....                                      | 63        |
| 6.3 Dechová frekvence .....                                  | 66        |
| 6.4 Minutová ventilace .....                                 | 69        |
| 6.5 Srdeční frekvence při $VO_2$ max .....                   | 71        |
| <b>7 Diskuze</b> .....                                       | <b>76</b> |
| <b>8 Závěr</b> .....   | <b>80</b> |
| <b>Použitá literatura</b> .....                              | <b>82</b> |
| <b>Internetové zdroje</b> .....                              | <b>85</b> |
| <b>Seznam tabulek</b> .....                                  | <b>86</b> |
| <b>Seznam obrázků</b> .....                                  | <b>87</b> |
| <b>Seznam grafů</b> .....                                    | <b>88</b> |

# 1 Úvod

Fotbal dlouhodobě patří k nejpobulárnějšímu sportu na světě. Můj vztah k fotbalu je velice blízky, za což může fakt, že ho hraji již od útlého věku. Postupem času a vlivem dospívání se z fotbalu jakožto koníčku stala možnost prosadit se do vrcholové úrovně. Velice k tomu přispělo založení Akademie Sportovního klubu Dynamo České Budějovice, kde jsem působil, a která zařídila špičkové podmínky pro potenciální rozvoj budoucích fotbalových hráčů.

Po zjištění, že se dorostenecké kategorie Akademie Sportovního klubu Dynamo České Budějovice chystají na zátěžový test na běžeckém ergometru na KTVS JU, a následné domluvě s šéftrenérem mládeže akademie, jsem se rozhodl, že změření probandů a komparace výsledků jednotlivých kategorií mezi sebou a normami by pro mě bylo zajímavé téma k zpracování do bakalářské práce.

V teoretické části se snažíme shromáždit podklady potřebné k vypracování praktické části práce pomocí literární rešerše. Pojednáváme zde o fotbalu z hlediska historie a pravidel, dále se zaměřujeme na sportovní výkon – charakteristiku, kterými faktory je ovlivněn a jak je strukturován. Následnou kapitolou je dlouhodobá koncepce tréninku, kde rozebíráme kalendářní, sportovní a biologický věk společně s adolescentním, který je pro dorostenecké kategorie klíčový. Poté popisujeme druhy tréninkového procesu a jaké fáze se v něm nachází, od nácviiku, přes herní a kondiční trénink, po regeneraci a psychologickou přípravu. U zátěžových testů hrají velkou roli parametry dýchacího a oběhového systému, které jsme nastínili v kapitole pojednávající o transportním mechanismu. Pro pochopení užívání zátěžových testů je nutné pochopit význam zátěžové funkční diagnostiky a její historii společně se spiroergometrií, kterou řešíme v předposlední, respektive poslední kapitole.

V praktické části pracujeme s výsledky testovaných probandů z vytvořených grafů a tabulek. Budeme zde sledovat určité ventilační a somatické parametry, kterými jsou BMI, podíl svalové a tukové hmoty,  $VO_2\max$ , VT, BF, V'E či SF při  $VO_2\max$ . Nejprve budeme vyhodnocovat jednotlivé kategorie, které posléze porovnáme navzájem. Dále porovnáme výsledky kategorií s jejich normami. Z těchto výsledků se budeme snažit v diskuzi potvrdit či vyvrátit předem stanovené hypotézy a odpovědět na vědecké otázky.



## 2 Metodologie

### 2.1 Cíl, úkoly, hypotézy a vědecké otázky

#### 2.1.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je analýza ventilačních a somatických parametrů adolescentních fotbalistů a komparace jejich jednotlivých výsledků v rámci kategorie, jednotlivých kategorií mezi sebou a s příslušnými normami.

#### 2.1.2 Úkoly práce

- Rešerše literatury a vymezení teoretických východisek pro tuto práci;
- výběr adolescentních probandů;
- provedení měření somatických předpokladů vybraných probandů;
- provedení testů na běžeckém ergometru vybraných probandů;
- komparace naměřených hodnot s normou;
- vypracování výsledků do grafické podoby;
- diskuze;
- vytvoření závěrů.

#### 2.1.3 Hypotézy

H1) Předpokládáme, že hodnoty BMI všech fotbalistů budou v rozmezí 18,5–24,99 kg·m<sup>-2</sup>

H2) Předpokládáme, že fotbalisté všech kategorií budou mít kvůli specifitě sportu podíl tukové hmoty pod úrovní 20 %.

H3) Předpokládáme, že fotbalisté všech kategorií budou mít kvůli systematickému tréninku významně nadprůměrné hodnoty VO<sub>2</sub>max.

H4) Předpokládáme, že fotbalisté všech kategorií budou mít kvůli systematickému tréninku významně nadprůměrné hodnoty VT.

H5) Předpokládáme, že fotbalisté všech kategorií budou mít kvůli systematickému tréninku významně nadprůměrné hodnoty V'E.

#### 2.1.4 Vědecké otázky

VO1) Budou mít fotbalisté významně vyšší podíl svalové hmoty než jejich individuální normy?

VO2) Budou mít fotbalisté významně vyšší BF než jejich individuální normy?

VO3) Budou mít fotbalisté významně vyšší SF při vrcholu VO<sub>2</sub>max než jejich individuální normy?

## 2.2 Použité metody

V naší práci jsme využili tyto metody: obsahovou analýzu, metodu měření a testování, komparativní metodu a věcnou a statistickou významnost.

Obsahovou analýzu jsme v naší bakalářské práci využili v teoretické části k získání informací týkajících se našeho tématu, které jsme zmínili v přehledu poznatků. Veškerou odbornou literaturu a veškeré články a internetové zdroje jsme uvedli v seznamu literatury.

Pro zjištění hodnot ventilačních a somatických hodnot jsme využili metodu měření a testování. Měření somatických ukazatelů a testování funkčních ukazatelů výzkumného souboru proběhlo v Laboratoři zátěžové funkční diagnostiky na Katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity. Bylo využito přístroje Tanita BC 418 MA (Tanita Corp., Tokyo, Japonsko) k analýze tělesného složení pomocí bioelektrické impedance, spiroergometrického ergometru Lode Valiant Plus (Lode, Groningen, Nizozemsko) společně se sestavou přístrojů Cortex MetaControl 3000 (Cortex, Lipsko, Německo) a přístrojem Cortex MetaLyzer 3B (Cortex, Lipsko, Německo) k zjištění spiroergometrických parametrů a hrudního pásu Polar H7 (Polar, Kempele, Finsko) se spiroergometrickou maskou ke snímání tepové frekvence. Měření proběhlo ve více dnech na začátku letní přípravy, přičemž proces měření jednoho probanda byl uskutečněn v rámci přibližně 30 minut.

Komparativní metodu jsme v naší práci využili ke srovnání změřených výsledků našich adolescentních fotbalistů u všech ventilačních a somatických parametrů. Nejprve jsme porovnávali jedince v rámci jedné kategorie, a poté zprůměrované výsledky mezi kategoriemi. Na závěr jsme ze všech změřených výsledků provedli komparaci zprůměrovaných hodnot se zprůměrovanou normou. Komparativní metoda nám pomohla k potvrzení či vyvrácení hypotéz a odpovědět na stanovené vědecké otázky.

Po komparaci výsledků jsme potřebovali stanovit, zda jsou rozdíly hodnot jednotlivých parametrů s normami významné či nevýznamné. K tomu nám posloužila věcná a statistická významnost. Tu jsme využili u následujících parametrů: maximální spotřeba/příjem kyslíku ( $VO_2\max$ ), dechový objem ( $V_T$ ), minutová ventilace ( $V_E$ ), dechová frekvence (BF) a srdeční frekvence při  $VO_2\max$  (SF při  $VO_2\max$ ). Statistická významnost byla stanovena pomocí t-testu na hladině  $\alpha=0,05$ . Za pomoci Cohenovo d

jsme zjistili efekt mezi dvěma nezávislými proměnnými. Momentálně se používá následující upravená tabulka vycházející z Cohenovy.

- malý efekt –  $d = 0,20$  až  $0,50$ ;
- střední efekt –  $d = 0,50$  až  $0,80$ ;
- velký efekt –  $d \geq 0,80$  (Hendl, 2004).

Výsledky nám pomohly k vytvoření diskuze, kde jsme s pomocí informací z odborné literatury a článků potvrzovali či falzifikovali výše stanovené hypotézy a odpovídali na vytyčené vědecké otázky. Závěr obsahuje shrnutí výsledků a konečné stanovisko vůči hypotézám a vědeckým otázkám, poukazuje na limity práce a sděluje nám přínos naší práce.

### 2.3 Rešerše literatury

Použitá literatura vychází ze seznamu doporučené literatury, uvedené v zadání bakalářské práce, a zároveň je rozšířena o další publikace. Určité publikace byly pro psaní této práce velice důležité, přičemž některé byly použity pouze okrajově. Hlavním zdrojem pro vyhledávání byla Akademická knihovna Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Bahenský, P., Marko, D., Malátová, R., Krajcigr, M., & Schuster, J. (2021). *Fyziologie tělesných cvičení*. České Budějovice, PF JU.

Publikace byla primárně vytvořena pro studenty Katedry tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity. Shromažďuje poznatky týkajících se fyziologie člověka. V naší práci jsme využili informací zabývajících se ventilačními parametry.

Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Šteffl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: UK FTVS.

Tato publikace byla taktéž vytvořena jako studijní podklad pro studenty tělovýchovných oborů. Informace jsem čerpal především v oblasti transportního mechanismu a z kapitol týkajících se fyziologických funkcí.

Bernaciková, M., Cacek, J., Dovrtělová, L., Hrnčířiková, I., Hlinský, T., Kapounová, K., Kopřivová, J., Kumstát, M., Králová, D., Novotný, J., Pospíšil, P., Řezaninová, J., Šafář, M., & Struhár, I. (2020). *Regenerace a výživa ve sportu* (3., doplněné vydání). Brno: MU.

Výše zmíněná publikace se primárně zaměřuje na regeneraci a výživu ve sportu. Nám publikace pomohla k charakteristice rychlostních, vytrvalostních, obratnostních a silových schopností. Okrajově jsme také využili informací zaměřující se přímo na regeneraci jakožto důležité součásti tréninkového procesu.

Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.

Tato kniha mi byla velice nápomocná k pochopení teorie výkonu a tréninku ve sportu. Z publikace jsem především čerpal z kapitol zabývajících se charakteristikou sportovního výkonu, vymezení jeho struktury a dlouhodobou koncepcí sportovního tréninku.

Hendl, J. (2004). *Přehled praktických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.

Kniha nám přispěla ke zpracování dat. Věcná a statistická významnost a potřebné informace k ní byla jednou z využitých metod v naší práci.

Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Praha: Karolinum.

Kniha se zaměřuje na metodické základy zátěžové funkční diagnostiky ve sportu, uplatnění anaerobních a aerobních zátěžových testů u různých sportovních odvětví. Obsahuje také popis historie a významu zátěžové funkční diagnostiky. Fakta z těchto kapitol jsme využili ve stejnojmenné kapitole v naší práci.

Riegerová, J., Ulbrichová, M., & Přidalová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)* (3. vyd.). Olomouc: Hanex

Tuto publikaci považuji za jednu z nejvíce nápomocných při zpracování mé práce. Z této knihy jsem čerpal informace vztahující se na frakcionaci lidského těla a taktéž obsahovala mnoho užitečných norem pro somatické parametry, které jsem využil jako normy pro mé probandy.

Štumbauer, J. (1989). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: PF ČB. Tato publikace byla využita pro nastudování a následné zvolení metod výzkumu. Podrobně a srozumitelně je zde popsána obsahová analýza i komparativní metoda. V naší práci využili obě metody.

Votík, J. (2005). *Trenér fotbalu " B " UEFA licence (učební texty pro vzdělávání fotbalových trenérů)*. Praha: Olympia ve spolupráci s ČMFS.

Tato literatura mi pomohla svými poznatky pochopit podstatu fotbalového tréninkového procesu a zpracovat kapitolu pojednávající o tomto tématu. Primárně jsem čerpal právě z kapitol zabývajících se tréninkem, jeho strukturou a jeho dílčími aspekty.

## **3 Přehled poznatků – teoretická východiska**

### **3.1 Fotbal**

První zmínky o fotbale pochází z dob středověku. Hlavními průkopníky byla tehdy Francie, Itálie a později zejména Anglie, kde se tehdejší verze fotbalu zařadila jako součást sportovní výchovy v tamním vzdělávacím programu. První ustanovená pravidla vznikla v roce 1840 (Navara, Buzek, & Ondřej, 1986).

Vlivem popularity a rozšiřování do ostatních zemí světa došlo v roce 1904 k založení nejznámější fotbalové organizaci, Fédération Internationale de Football Association (zkráceně FIFA), v Paříži. Do české země se fotbal dostal až ke konci 19. století. Hrál se především v cyklistických a veslařských klubech nebo ve studentských kroužcích (Votík, 2003).

Fotbal je kolektivní sport, kde má tým za úkol vstřelit více branek, než soupeř, respektive obdržet méně. Nastupuje proti sobě 11 hráčů v každém týmu rozlišený sadou dresů různých barev. Základní hrací dobou jsou 2 poločasy po 45 minutách s pauzou 15 minut mezi nimi. Rozměry hřiště mohou být různé, avšak délka musí být v rozmezí 90–120 metrů, šířka 45–90 m. Za porušení pravidel může následovat napomenutí či trest v podobě žluté či červené karty (Kureš, Hora, Jachimstál, Skočovský, & Špaček, 2007).

### **3.2 Sportovní výkon**

Dle Dovalila et al. (2002) je sportovní výkon jednou z hlavních kategorií a základních pojmů, které můžeme zařadit ke sportu a sportovnímu tréninku. K realizaci sportovního výkonu dochází díky specifickým pohybovým činnostem. Obsahem těchto činností je řešení úkolů, přičemž sportovec musí dbát ohled na příslušná pravidla daného sportu a zároveň se snaží o maximální uplatnění výkonových předpokladů.

Choutka (1976) popisuje sportovní výkon jako mimopracovní činnost (s výjimkou profesionálních sportů), která jako taková neprodukuje materiální hodnoty. Sportovní výkon je odrazem seberealizace jedince a jeho kreativních sil a schopností. Jedinec nachází v přípravě sportovního výkonu, soupeření s ostatními a neustálém růstu jistou míru uspokojení a motivace. Sportovní výkony a jejich významy tkví v tom, že rozvíjí fyzické a psychické schopnosti, stimulují duševní síly a napomáhají k dlouhodobé motivaci.

Podle Choutky (1976) lze strukturu sportovního výkonu chápat jako uspořádání určitých účelových faktorů, mezi kterými dochází k vzájemnému ovlivňování. Struktura jednotlivého výkonu je unikátní. K fungování tohoto systému je nutná přítomnost všech důležitých faktorů.

Tvorba skladby psychofyzických předpokladů k odlišným typům sportovních činností vychází především z vrozených dispozic, prostředí a zaměřeného tréninku. Tento komplex můžeme brát jako celek, který je uskupen ze vzájemně propojených dílčích částí (Choutka, 1976).

Terminologie k popsání systémového přístupu není jednotná a existuje spousta termínů, jak jej nazývat. Nejčastěji se setkáváme s pojmem „faktor“, v dalších publikacích se můžeme setkat s pojmy jako „komponenty“ či „determinanty“ (Dovalil et al., 2002).

Sportovní výkon je ovlivněn značnou řadou faktorů, které lze rozdělit na vnější a vnitřní. Vnější faktory jsou charakteristické tím, že nejsou ovlivnitelné tréninkovým procesem, tj. jedná se o přírodní, společenské, ekonomické podmínky či biomechanické vlivy materiálu (např. materiál míče či kopaček). Hlavním znakem vnitřních faktorů je možnost jejich tréninku a zdokonalování dílčích částí či jejich manipulace. Řadíme sem faktory somatické, kondiční, technické, taktické a psychické (Dovalil et. al, 2002).

Mezi nejdůležitější somatické faktory spadá hmotnost, výška a složení těla, tělesný typ a délka rozměry a poměry. Jsou převážně stálé a ve velké míře ovlivněny genetikou (Dovalil et. al, 2002).

Za kondiční faktory považujeme pohybové schopnosti. Každá pohybová činnost nese určitou míru projevu „síly“, „vytrvalosti“, „rychlosti“ – podle pohybových úkolů dochází k rozlišnostem mezi jejich poměrem. K pohybovým schopnostem přiřazujeme vytrvalostní, silové, rychlostní a koordinační (obratnostní) schopnosti (Dovalil et al., 2002).

Technickými faktory se rozumí řešení konkrétního pohybového úkolu za pomoci motoriky vlastního těla, jež je v souladu s možnostmi jedince. Podíl na vzestupu sportovní výkonnosti měla technika už v době zrodu moderního sportu. Vývoj techniky byl po delší dobu určován praktickou zkušeností, až později za užití vědeckých přístupů jako např. biomechanické analýzy sportovních pohybů či poznatků z odvětví fyziologie,

neurologie či anatomie mohlo dojít k zformování teoretických základů techniky (Dovalil et al., 2002).

Dle Dovalila et al. (2002) lze taktiku chápat jako způsob správného vyhodnocení celistvých či dílčích úkolů za předpokladu dodržování pravidel určitého sportu. Ze strany sportovce dochází k výběru optimálního řešení, a to jak strategických, tak taktických úkolů. Výběr taktiky úzce souvisí s psychickými procesy sportovce a zároveň s individuálním či kolektivním pojetí hry. Podíl taktiky se liší podle druhů sportů. U sportů, jako jsou např. gymnastika a atletika (mimo běhy na střední a dlouhé tratě), je podíl taktiky minimální. Velkou roli hraje v úpolových sportech, kde dochází k blízkému kontaktu se soupeřem a jedinci mají často odlišné proporce.

Posledním faktorem je psychika. Podle Cattella (1970) záleží na schopnostech centrálních (mentálních) a lokálních (smyslových orgánů a motoriky), instrumentálních strukturách (osvojené dovednosti) a neintelektuálních faktorech (únava, motivace, emoce) – může dojít k tréninku těchto faktorů a následně k jejich rozvoji, stejně tak jako k jejich stagnaci či degradaci. Z užšího psychologického hlediska považujeme výkon závislý na schopnostech a motivaci (Dovalil et al., 2002).

### **3.3 Dlouhodobá koncepce sportovního tréninku**

Dovalil et al. (2002) zmiňuje, že úspěšný sportovec, vítěz olympijských her či mistr světa ve své sportovní činnosti může být pouze ten, který má dostatečnou porci talentu, a byly u něj vybudovány základy pro pozdější podávání vrcholových výkonů již v útlém věku.

Vedle kalendářního věku, který představuje skutečný věk jedince, tj. počet let a dní života od narození, je důležitým ukazatelem sportovní věk. Sportovního věk charakterizuje dobu věnování se sportovní přípravě ze strany sportovce. Mezi sportovním věkem a výkonností jedince je do jisté míry přímá úměra – jedinci s vyšším sportovním věkem dosahují vyšší výkonnosti. Biologický ovlivňuje výkonnosti motoriky, tělesnou stavbu organismu a jeho funkční ukazatele – nejvíce v pubescentním věku (Bahenský, & Bunc, 2018).

Biologický věk můžeme chápat jako reálně dosažený stupeň vývoje, který sděluje biologickou vyzrálou jednatelce. V ideálním případě by mělo docházet ke korespondenci biologického a kalendářního věku, avšak může dojít i ke značným



odchylkám – akceleraci a retardaci. Akcelerace znamená vývojové zrychlení čili jedinci vychází kalendářní věk nižší biologický. Retardace je opačného rázu, tudíž kalendářní věk je vyšší než biologický (Bompa, 2000).

Určení fyziologického zrání není jednoduché. Podle Bunce (2013) by měly být ukazatelé jednoduché, bezpečné a adekvátně přesné. Dalším kritériem je využití pro všechny věkové skupiny. V tuto chvíli tento ukazatel nebyl nalezen.

Obecně v praxi se využívají k určení biologického věku tyto parametry: kostní věk, zubní věk, sekundární pohlavní znaky. Nesmíme zapomenout na hmotnost a váhu, kterou k výpočtu biologického věku využívá tělovýchovné lékařství (Dovalil et al, 2002).

Perič (2004) míní, že ačkoli se starší školní věk kategorizuje od dvanácti do patnácti let, není možné to brát jako stanovený fakt. Přechod mezi mladším a starším školním věkem je pozvolného rázu a u každého je individuální. Proto obě rozpětí je záležitost formálního rozdělení.

Jednoduše můžeme popsat tuto fázi života jako přechod z dětství do dospělosti, přičemž tělo si prochází tělesnými, psychickými, pohybovými, sociálními a emočními změnami. Tempo vývoje je rychlého a individuálního rázu, za což může funkce endokrinních žláz a produkce jejich hormonů. Pro lepší orientaci lze starší školní věk více rozdělit do dvou dílčích částí, a to prepubescence, jejíž vrchol se nachází okolo třináctého roku života. Na ní navazuje fáze puberty, která je klidnější a završena okolo patnácti let (Buzek, 2007).

Mezi hlavní změny patří nárůst váhy a hmotnosti, přičemž projev růstu je nerovnoměrný. Končetiny mají tendenci rychlejšího růstu než trup a tělo roste jak do výšky, tak do šířky. Z tohoto důvodu je důležité klást důraz na správné držení těla jako prevence vůči budoucím potížím (Perič, 2004).

Psychická stránka se rozvíjí díky hormonální aktivitě. Začínají se formovat emotivní vztahy k sobě sama, ke svému okolí a k ostatním. Zájem o druhé pohlaví se prohlubuje. Jedinec začíná myslet racionálně, uvažovat logicky a myslet abstraktně. Vyskytuje se často náladovost a koncentrace je značně delší, což pozitivně ovlivňuje nácvik tréninkových situací (Perič, 2004).

Vrchol pohybového vývoje je mezi jedenácti až dvanácti lety. Charakteristickým znakem je schopnost učení se nových dovedností s rozsáhlou přizpůsobivostí k měnícím se podmínkám či rychlé chápání. V pubertě klesá míra koordinace vzhledem

k nerovnoměrnému růstu jednotlivých částí těl. Také nastává pokles přesnosti a plynulosti pohybů (Perič, 2004).

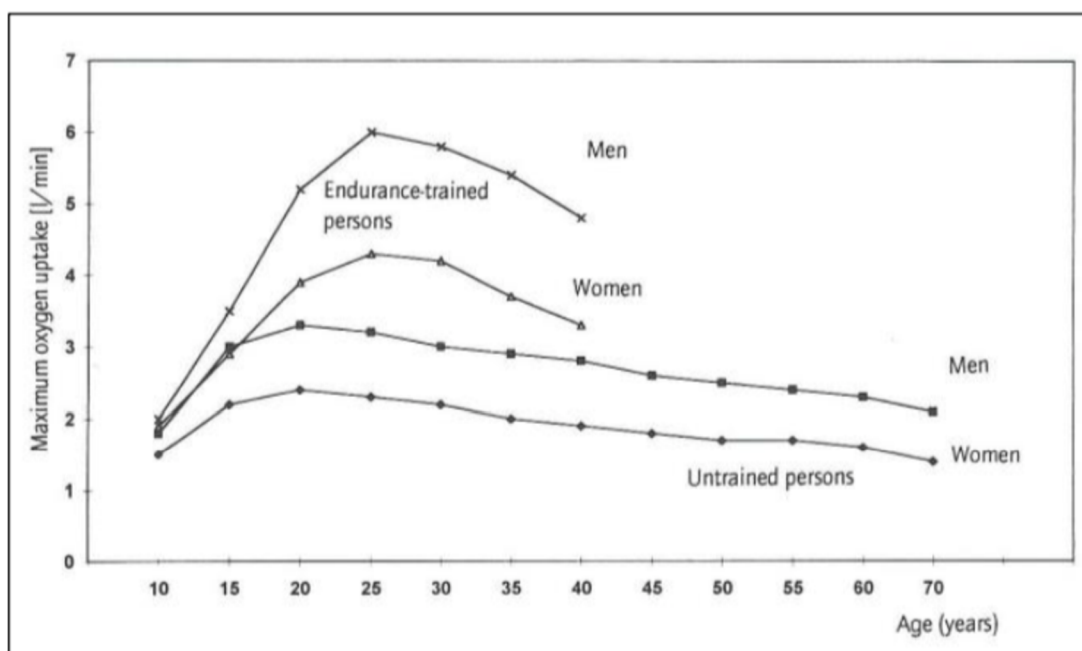
Z hlediska sociální vývoje přijde přechod z extroverze k introverzi. Děti se více uzavírají do sebe a dokáže být více náchylné na urážky. Na druhou stranu se formují přátelské a společenské vztahy. Stoupá zájem o vztah s opačným či stejným pohlavím. Dítě si začíná uvědomovat jisté role a povinnosti (Perič, 2004).

Dovalil et al. (2002) stanovují dorostový věk od patnácti do osmnácti let. Postupně dochází k vyrovnání pubertálních nesrovnalostí a disproporcí a završení růstu a vývoje. Je to také poslední etapa před vkročením do dospělosti. Bahenský a Bunc (2018) zmiňují, že raná adolescence má na pozdní adolescenci nezpochybnitelný význam.

Na závěr tohoto období se pomalu formuje a dovršuje tělesný vývoj – lze to spatřit na rozvoji a výkonnosti několika orgánů a částí těla: srdce, plíce, proporce svalů, zesílení kostí, zpevnění šlach atd. V tomto období nedochází k přestavbě organismu, avšak k jeho dobudování (Buzek, 2007)

Dle Dovalila et al. (2002) je možné navyšovat nároky během tréninku již od 16 let, v závěru dorostového věku přichází doba maximální trénovanosti. Rozvoj tréninkových schopností je bez zábran, taktéž v silových a vytrvalostních oblastech se rozšiřují možnosti rozvoje. Z hlediska techniky pokračuje proces zdokonalování do potřebných detailů, na taktiku se klade větší důraz (Buzek, 2007)

Obrázek č. 1 znázorňuje jednotlivá  $VO_2max$  u trénovaných mužů, trénovaných žen, netrénovaných mužů a netrénovaných žen v závislosti na věku. Je zřejmé, že trénink do velké míry ovlivňuje hodnoty maximální spotřeby kyslíku (Neumann, Pfützner, & Berbalk, 2000).



Obrázek č. 1: Hodnoty  $VO_{2max}$  u trénovaných a netrénovaných osob obou pohlaví podle Neumana, Pfütznea, & Berbalka, 2000, s. 26

### 3.4 Druhy tréninkového procesu

Dobry (1986) zařazuje do tréninkového procesu tři části – nácvik, herní trénink a kondiční trénink. V současném pojetí tréninku k nich rozlišujeme také regeneraci a psychologickou přípravu (Votík, 2005).

Podle Votíka (2005) lze nácvik stručně popsat jako typ tréninkového procesu, ve kterém se zaměřuje na osvojení nových pohybových dovedností a kde se začínají vyskytovat možnosti pro učení se těchto dovedností – např. herní činnosti (přihrávky, střelba). Mezi prvky nácviku patří rozvoj koordinačních schopností.

Intenzita během nácviku bývá povětšinou nízká a zatížení nevede fyziologicky k adaptačním procesům. Náplň tréninkového procesu nelze zjednodušit či zredukovat jen na problematiku nácviku, a to z důvodu potenciálního rozvoje herního výkonu v oblasti kondice. Převážně dochází k zaměření na herní činnosti z hlediska techniky a taktiky (Votík, 2005).

Pohybové učení probíhá ve čtyřech fázích, které na sebe navazují, aby byly maximálně efektivní. Patří sem:

- I. fáze (generalizace) – zde se hráči seznamují s novými úkoly, dovednostmi či pohyby. Významnou roli hraje správná představa o nacvičovaných dovednostech a precizní ukázka, která může být zprostředkována trenérem, demonstrátorem či videoprojekcí (Votík,

2005). Klade se důraz na dostatečnou motivaci hráče a na hráčovu koncentraci. Výsledkem by mělo být provedení úkonu hrubou formou, tj. neuspořádaně, nepřesně či s nadbytečnými pohyby (Blahutková, & Sližik, 2013);

- II. fáze (diferenciace) – v tomto procesu dochází je zdokonalování doposud hrubě nacvičených dovedností (Blahutková, & Sližik, 2013). Trenér se snaží o korekci chyb pomocí včasné instrukce. Dbá ohled na správné technické provedení. Z hrubé motoriky se přechází na motoriku jemnou (Votík, 2005);
- III. fáze (automatizace) – lze charakterizovat jako přesné a bezchybné provádění činností za odlišných podmínek (Blahutková, & Sližik, 2013). Stabilizují se pohybové dovednosti a hráč je schopen díky snížení vědomé kontroly vytvořit si různé varianty dříve naučeného pohybu (Votík, 2005);
- IV. fáze (tvořivá inteligence) – v poslední fázi se naučené pohyby uplatňují ve vyšších kvalitách. Navzájem se ovlivňují, kombinují či spojují. Vznikají originální variace, které vedou k překvapivému a účinnému řešení situace (Votík, 2005). Často souvisí s vrcholovým sportem a odvíjí se od úrovně inteligenčního kvocientu (Blahutková, & Sližik, 2013).

Fáze motorického učení se uplatňují ve všech věkových kategoriích a výkonnostních úrovních, avšak největší dopad na budoucí vývoj je v nejmladším věku vlivem nerespektování principů a návaznosti procesů (Votík, 2005).

Dle Dobrého (1986) je herní trénink součástí tréninkového procesu, kde současně působí na zdravotní a dovednostní potenciál a zátěžová činnost je herní a specifická. Votík (2005) zmiňuje vývoj jak naučených herních dovedností, tak pohybových schopností (rychlostní, silové, vytrvalostní a obratnostní). Herní trénink se zaměřuje na technickou a taktickou stránku společně s kondiční složkou.

Existují dvě možnosti tréninkové jednotky odvíjející se podle priority trenéra. První možností je prioritou zaměřit se na rozvoj určité pohybové schopnosti. V tomto případě manipulujeme se zatížením tak, abychom jej zaměřili cíleně zaměřili na určitou bioenergetickou zónu, zvolíme adekvátní herní činnost a metodicko-organizační formu. Při této možnosti je technická stránka realizovaných činností a taktické úkoly druhotné. Druhá možnost je prioritou rozvoje pohybové dovednosti. Cíl je zdokonalování technické

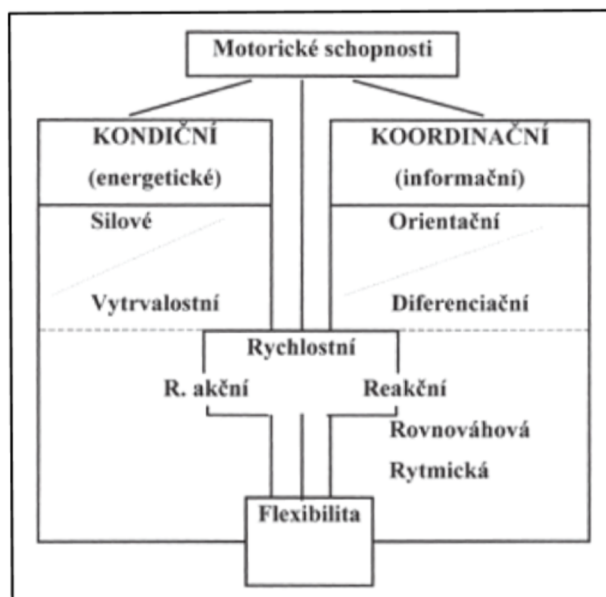
stránky herních činností a taktických úkolů. Opět je nutné zvolit odpovídající metodicko-organizační normy, po kterých zjistíme intervaly zátěže v daném herním tréninku. Do jisté míry lze v rámci priority ovlivňovat další komponenty zatížení, z nichž s určitou pravděpodobností lze určit bioenergetickou zónu, v níž probíhalo zatížení. Zde je pohybových schopností na druhém místě, přičemž prioritou je řešení technicko-taktického úkolu (Votík, 2005).

Podle Křištofiče (2007) je kondice souhrn funkcí organismu, díky kterým jsme schopni obstát ve fyzicky náročných podmínkách a adekvátně reagovat v konkrétní situaci. U jedince se pozná dobrá tělesná kondice např. zaběhnutím maratону či velkým počtem shybů. Jde o komplex pohybových funkcí ve vztahu k pohybovým schopnostem. Ideálním stavem je dosažení vyvážené úrovně jednotlivých schopností. Dobrý (1986) se zmiňuje o kondičním tréninku jako o součásti tréninkového procesu, ve které převládá působnost zdatnostního potenciálu, přičemž činnost zátěže je nespecifická.

Kondičním tréninkem rozvíjíme pohybové schopnosti nespecifickými prostředky (bez míče). Rozpoznáváme dva typy pohybových schopností – kondiční a koordinační.

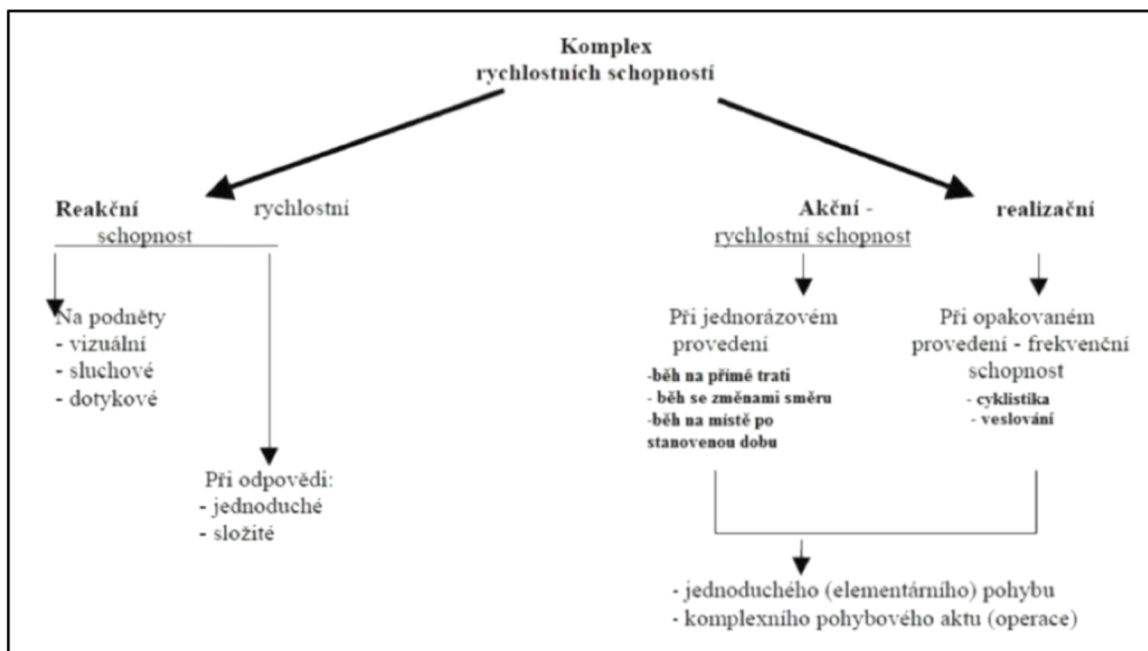
Podle Bernacikové et al. (2020) do kondičních schopností spadá kromě rychlostní, vytrvalostní, silové a obratnostní schopnosti také flexibilita. Tyto schopnosti jsou ovlivněny podílem a úrovní bioenergetických zdrojů a systémů zabezpečující pohybovou činnost. Jejich rozvoj je determinován několika faktory, a to:

- morfologickými – tvar těla, % podkožního tuku, aktivní sval. hmota atd.);
- fyziologickými – funkce dýchacího, oběhového či pohybového systému);
- biochemickými – přizpůsobivost regulačních systému, stav bioenergetických systémů);
- psychologickými – motivace, emoce atd. (Votík, 2005).



Obrázek č. 2: Hrubá taxonomie motorických schopností podle Měkoty a Novosada, 2005, s. 21

Rychlostní schopností rozumíme započetí pohybu v co nejkratším časovém rozpětí a provádění ho vysokou, potažmo maximální rychlostí (Bahenský, Marko, Malátová, Krajcigr, & Schuster, 2021). Bernaciková et al. (2020) definují rychlost jako schopnost co nejrychlejší reakce na určitý podnět nebo vykonávání určitého pohybu bez odporu či s minimálním odporem co nejrychleji v krátkém časovém intervalu, tj. 5–7 sekund. Ve fotbale se nejčastěji využívá procesů psychických a motorických. Mezi psychické procesy patří rychlost vnímání, rychlost anticipace (předvídání), rozhodovací rychlost a rychlost reakce. Do motorické složky řadíme rychlost akcelerační (zrychlení s míčem a bez něj), frekvenční (změna směru), lokomoční (převážně do 30 m) a součinnostní (rychlost kooperace se spoluhráči).



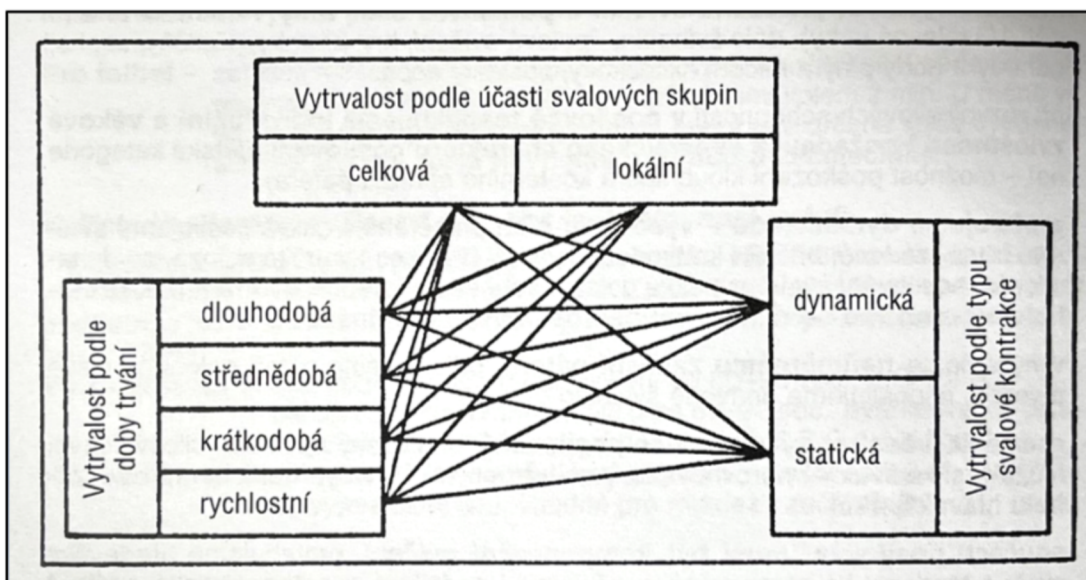
Obrázek č. 3: Schématické znázornění komplexu rychlostních schopností podle Čelikovského et al., 1979, s. 98

Překonávání nebo udržování vnějšího odporu svalovou kontrakcí nazýváme silová schopnost. Podkladem pro silovou schopnost je mohutnost svalové kontrakce. (Bahenský et al., 2021). Dle Bartůňkové et al. (2013) se silová schopnost považuje za nejdůležitější schopnost, bez které by nebylo možné funkce ostatních. Dělíme ji na dva druhy.

Prvním druhem jsou statické silové schopnosti nebo také izometrická kontrakce, které se charakterizuje změnou svalového napětí, přičemž délka se nemění. Dále je dělíme dle doby trvání jednorázovou a vytrvalostní. Druhým druhem jsou dynamické silové schopnosti, jinak řečeno izotonická kontrakce. V tomto případě se mění délka svalu a napětí zůstává stejné. Dělíme ji na explozivně silovou, rychlostně silovou a vytrvalostně silovou. Fotbalisté se zaměřují především na rozvoj silových schopností rychlostních a explozivních (Votík, 2005).

Vytrvalost je chápána jako schopnost vykonávat pohyb po delší časový úsek na určité úrovni bez poklesu intenzity a efektivity. Lze ji také charakterizovat jako schopnost odolávat únavě. Vytrvalost lze rozdělit podle několika faktorů, kterými jsou dominance vybraného metabolismu (aerobní, anaerobní), dominance určitého energetického zdroje (sacharidy, tuky, bílkoviny), časové hledisko (rychlostní, krátkodobý, střednědobý, dlouhodobý), množství aktivovaných svalových skupin při jednotlivých činnostech (lokální, celková) a míry specifčnosti cvičení (specifická,

nespecifická) (Bernaciková et al., 2020). V rámci fotbalu se snažíme uplatňovat rozvíjení aerobní vytrvalosti prostřednictvím průpravných či intervalových her. Časové rozpětí her závisí na počtu hráčů. Rozvíjet se dá také plynulým během nižší intenzity o 5–10 minutách (Votík, 2005).



**Obrázek č. 4: Vytrvalostní schopnosti podle různých kritérií podle Votíka, 2005, s. 150**

„Koordinační schopnosti jsou chápány jako soubor schopností lehce a účelně koordinovat vlastní pohyby, přizpůsobovat je měnícím se podmínkám, provádět složitou pohybovou činnost a rychle si osvojovat nové pohyby. Jsou úzce spjaty s řízením a regulací pohybové činnosti, tedy s činností centrálního nervového systému.“ (Votík, 2005, s. 155).

Bernaciková et al. (2020) rozděluje koordinační schopnosti na čtyři kategorie, kterými jsou orientace v prostoru, rovnováha, kinesteticko-diferenční schopnost a rytmika. Čelikovský et al. (1979) do komplexu obratnostních schopností řadí další dvě schopnosti, a to řešení prostorové a časové struktury pohybu.

Regenerace, jinak také zotavení, je biologický proces zahrnující činnost organismu vedoucí k absolutní obnově tělesných a psychických sil, který byly narušeny předchozí zátěží. Regenerační pochody mohou vzniknout za předpokladu uvedení organismu do určitého stupně únavy, tj. narušení homeostázy. Tou se rozumí stálost vnitřního prostředí, který předpokládá uchování stability objemu tělesných tekutin, teploty tělesného jádra, energetického hospodaření, iontového složení či zajištění obranyschopnosti organismu (Bernaciková et al., 2020).



Hlavními úkoly regenerace je eliminace změn v organismu vzniklé fyzickou aktivitou či prevence vůči přetížení, nebo dokonce poškození organismu. Proces regenerace je stejně důležitý jako proces tréninku. Mezi tréninkovou zátěží a regenerací by měla být nastolena rovnováha (Bernaciková et al., 2020).

Regenerace má spoustu forem. Dělit lze z hlediska času a pohledu cíleného zásahu. Bernaciková et al. (2020) rozeznává tři formy regenerace z časového hlediska – před, během a po výkonu. Před výkonem se využívá např. rozcvičení či pohotovostní masáže. Během zátěže dbáme na správný pitný režim, může také dojít k masáži mezi výkony. Po výkonu se obvykle využívá hydroterapie či termoterapie. Z pohledu cíleného zásahu může být regenerace pasivní a aktivní. Pasivní regenerace je přirozená a nelze ovlivnit vůlí. Obnova tělesných a duševních sil probíhá již během vlastního zatížení a také bez vnějšího zásahu. Aktivní regenerace znamená plánovitou cílenou činnost, která urychluje proces pasivního zotavení. Může probíhat dvěma způsoby – prvním je pasivní odpočinek, což znamená vyloučení fyzické aktivity sportovce (hydroterapie atd.), a aktivní odpočinek, kde se využívá pohybové aktivity (aktivita mírné intenzity, úroveň 60 % SFmax) (Bernaciková et al., 2020).

Dle Votíka (2005) klade fotbal vysoké nároky na psychickou stránku hráče i trenéra. Psychická odolnost a připravenost je jedním z nejdůležitějších faktorů podmiňujících úspěšnost hráče, týmu a trenéra.

Trenér musí brát ohled na strukturu osobnosti hráče a sociálně-psychologické jevy. Osobnost hráče je tvořena jeho schopnostmi (herní inteligence), temperamentem (psychická aktivita, emoční dynamika), charakterem (rysy osobnosti), hodnotovou orientací, motivací a postoji. Sociálně-psychologické jevy zahrnují mezilidské vztahy, chování, komunikaci, jevy ve skupinách a vzájemné působení jedince a sociálního prostředí (Votík, 2005).

### **3.5 Transportní mechanismus**

Dle Bartůňkové et al. (2013) zajišťují transportní mechanismy proces výměny respiračních plynů, dodávání energetických substrátů a dalších látek, pro něž je nezbytná spolupráce dýchacího a oběhového systému.

Dle Malátové, Bahenského a Mareše (2017) je dýchání charakterizováno jako proces, při kterém dochází k výměně plynů mezi atmosférou, krví a tkáňovými buňkami.

Dále rozdělují dýchání na vnější (ventilaci) a vnitřní (respiraci). Rozdíl v nich je ten, že při ventilaci dochází k výměně vzduchu mezi plicemi a zevním prostředím, zatímco u respirace značí výměnu vzduchu mezi plicemi, krví a tkáněmi.

Dýchací cesty rozlišujeme na horní a dolní. Horní část je složena z nosu a nosohltanu. Hrtan, průdušnice a průdušky řadíme do dolní části. Funkce nosní dutiny je filtrace vzduchu, dále také probíhá ohřev a sycení parou. Sliznice nosní dutiny zachycuje částičky prachu, což je zapříčiněno jejím povrchem. Ty se vážou na hled a činností řasinkového epitelu jsou odstraněny. Z nosní dutiny putuje vzduch do hltanu (faryngu), který je stejnou cestou i pro potravu. Odtud vzduch putuje do hrtanu (laryngu). Při konzumaci a následném polykání se uzavírá tzv. chrupavčitá záklopka (epiglottis). Vzduch pokračuje do průdušnice (trachea), dělí se na průdušky (bronchea). Průdušinky (bronchiola) se rozvětvují na alveolární chodbičky, které přechází v plicní sklípky (Slavíková, & Švíglerová, 2012).

Plíce jsou hlavní součástí dýchacího systému. Jsou děleny přepážkou na dvě části, které se skládají z laloků. Pravá plíce má 3 laloky, levá jeden. Částí plic zajišťující funkci jsou plicní sklípky (alveoly), jejichž tenkou stěnou dochází k výměně kyslíků. Alveoly tvoří plicní lalůčky obsahující vzduch, který prochází přes stěnu plicních sklípků a membránu červené krvinky, kde do své molekuly váže hemoglobin. Oxid uhličitý putuje opačným směrem (Hořejší, 1992).

Přednějšími svaly dýchací soustavy jsou bránice společně se zevními a vnitřními mezižeberními svaly, které zajišťují inspiraci, resp. expiraci. Mezi pomocné svaly řadíme jedním koncem upínající se na hrudník, např. velký a malý sval prsní, zdvihač hlavy, břišní či zádové svaly (Sobolová, & Zelenka, 1982).

Rozlišujeme dva typy dýchání, a to zevní a vnitřní. Pro zevní dýchání je charakteristická výměna vzduchu mezi zevním prostředím a plicemi. Jinak tento pojem nazýváme také jako plicní ventilace. Jako vnitřní dýchání označujeme proces transportu krevních plynů mezi krví, tkáňovým mokem a buňkami (Slavíková, & Švíglerová, 2012).

Hlavní funkcí oběhového systému je zajištění transportu dýchacích plynů, živin, vitamínů, enzymů, hormonů, různých minerálů a tepla (Bartůňková et al., 2013).

Oběhovým systémem rozumíme soustavu trubic, které se v určitých úsecích liší stavbou, od níž se odvíjí vlastnosti a propustnost stěn. Skládá se ze srdce a cév. Srdce je pružná svalová pumpa složená ze čtyř dutin, a to dvou síní (atria) a dvou komor

(ventriculi). Má dvě vlastnosti – dráždivost (excitabilita) a smrštění (kontrakce). Kontrakce vede k vypuzení krve a ke zmenšení objemu dutiny komory nebo síně. Stah srdečního svalu (myokardu) nazýváme systola, opakem je diastola (Dylevský, 2000).

Srdce pracuje rytmicky a nepřetržitě. Hodnota srdečních stahů je u dospělého jedince okolo 70–80 tepů při fyzickém i psychickém klidu. Vytváří tzv. srdeční revoluci, což je jeden cyklus systol síní a komor a diastol síní a komor. Po naplnění pravé síně vlivem diastoly dochází k systole, přičemž odkysličená krev putuje do pravé komory. To je umožněno trojcípou chlopní, která je otevřená. Po naplnění pravé komory se stoupajícím tlakem se zavře komora, přičemž následná systola zvýší tlak o tolik, že krev je schopna být vytlačena do plicního oběhu. Z plicního oběhu je okysličená krev nasáta do levé síně ve stavu diastoly a následuje po naplnění síňová systola. Krev protéká otevřenou dvojcípou chlopní do levé komory, která je v ten okamžik diastolická. Při systole levé komory dojde k uzavření dvojcípe chlopně a krev je vystříknuta do aorty, která ji roznese po tepenném řečišti (Dylevský, 2000).

### **3.6 Frakcionace lidského těla**

Autoři Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) uvádějí, že hmotnost těla je základním morfologickým parametrem, ze kterého je nutno vycházet při hodnocení dynamiky lidského pohybu. Kvůli složitosti tohoto parametru je zapotřebí zkoumat jeho komponenty, tzv. frakce.

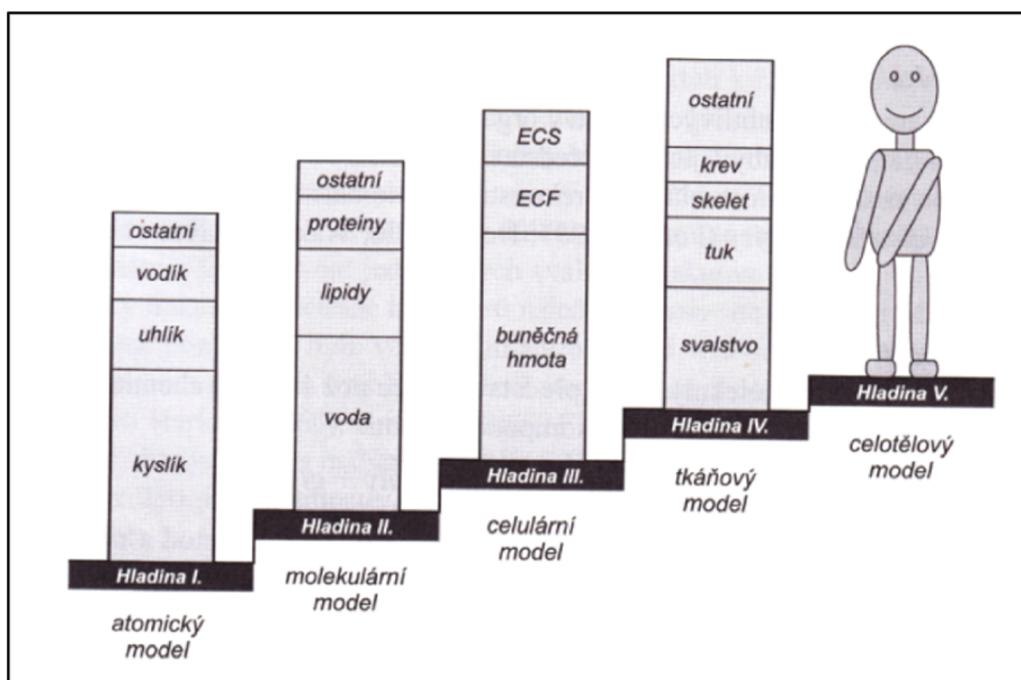
Tělesné složení je ovlivněno genetikou a formováno exogenními faktory. K nim řadíme pohybové faktory (pohybový komfort, cílené pohybové aktivity), výživové faktory a zdravotní stav organismu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Frakcionaci tělesné hmotnosti lze chápat ze dvou aspektů:

- jako podíl jednotlivých tkání na celkové tělesné hmotnosti – tělesné složení;
- jako hodnocení hmotnosti jednotlivých tělesných segmentů, přičemž podíl svalové, tukové, případně kostní složky podmiňuje hmotnost jednotlivých segmentů, která má vztah k několika důležitým parametrům určující pohyb těla pod vlivem vnějších či vnitřních sil (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Původně se komponenty tělesného složení skládaly z chemického a anatomického hlediska (Wilmore, 1992). V moderní době se pro odhad tělesného složení využívá definic a formulací pěti modelů:

- anatomický model – 98 % tělesné hmotnosti je tvořeno šesti prvky (O, C, H, N, Ca, P), zbylá 2 % představují 44 prvků;
- molekulární model – hmotnost těla je rovna součtu lipidů, proteinů, minerálů, glykogenu a vody;
- buněčný model – hmotnost těla je tvořena buňkami tukové tkáně, BM (svalové, pojivové, epiteliální a nervové buňky), ECT (plazma + intersticiální tekutina) a ECPL (organické a anorganické látky);
- tkáňově-systémový model – hmotnost těla je vypočítána součtem muskuloskeletárního, kožního, nervového, dýchacího, oběhového, trávicího, vylučovacího, pohlavního a endokrinního systému;
- celotělový model (Wang, 1997).



Obrázek č. 5: Modely tělesného složení podle Riegerové, Přidalové, & Ulbrichové, 2006, s. 26

O pojmu „tělesné složení“ poprvé popisuje Matiegka (1921), který se pokusil na základě zevních rozměrů těla o kvantifikaci tělesných komponent. Nejčastěji užívanou metodou u nás je metoda kaliperace podle Pařízkové (1962), která se skládá ze součtu deseti kožních řas (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Pro naše měření je důležitá biofyzikální a biochemická metoda, která se jmenuje bioelektrická impedance (zkratka BIA), která je relativně levná, bezpečná a v poslední době celosvětově rozšířená. Funguje na principu střídání elektrického proudu o velikosti 800  $\mu\text{A}$  s frekvencí 50 kHz, který je šířen v těle – tukuprostá hmota, která obsahuje vysoký podíl elektrolytů a vody, je dobrým vodičem, přičemž tuková tkáň se chová jako izolátor. Odborné studie využívají tetrapolárních přístrojů, kde jsou k dispozici čtyři elektrody, které jsou po dvou rozděleny na dolní a horní končetině. Užit se dá také bipolárních přístrojů, kde proud probíhá horní částí těla, a bipedální, kdy proud je veden dolní částí těla (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Základní proměnnou u BIA je celková voda (TBW). Rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku získáme tukuprostou hmotu, která je určena na základě této rovnice:

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

Hodnota  $0,732^{-1}$  reprezentuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělých, která se u dětí nachází vyšší (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Tukuprostou hmotu charakterizujeme jako hmotnost opory, tedy hmotnost netukových složek, kam řadíme kostru, svalstvo, vnitřnosti a celkový obsah vody. V součtu může tvořit až 74 % organismu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Z praktického a klinického hlediska se nejvíce využívá dvoukomponentového modelu tělesného složení, podle kterého je lidské tělo složeno z dvou komponentů – tuku (fat mass, FM) a tukuprosté hmoty (fat-free mass, FFM) (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Tuk je nejvariabilnější komponentou těla a je hlavním faktorem interindividuálním a intraindividuálním variability složení těla v průběhu celého vývoje. Lze snadno ovlivnit pohybovou aktivitou a výživovými aspekty, zároveň je ale významným faktorem pro řadu onemocnění (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Tabulka č. 1: Zastoupení tukové frakce u normální populace v % (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, s. 27)

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

Heyward a Wagner (2004) zmiňují, že průměrná hodnota tukové hmoty se pohybuje u jedinců v rozmezí 6 až 17 let okolo 11–25 %, přičemž u jedinců věku 18 až 34 dosahuje průměrná tuková hmota přibližně 13 %.

Průměrné hodnoty procentuálního tuku fotbalových obránců jsou 9–12 %. Fotbaloví útočníci mají podkožního tuku více, a to mezi 15–19 % (Sport Fitness Advisor, 2007).

Grasgruber a Cacek (2008) uvádí, že u excelentně trénovaných fotbalistů nepřesahuje podíl tělesného tuku hranici 10 %.

Tukuprostá hmota je komponenta, která se skládá z kostry, svalstva a ostatních tkání. Je variabilní v závislosti na věku, pohybové aktivitě a na exogenních faktorech společně s endogenními. Tukuprostá hmota je tvořena z 60 % svalstvem, z 25 % opěrnou a pojivovou tkání, a 15 % tvoří hmotnost vnitřních orgánů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Riegerová, Přidalová, a Ulbrichová (2006) uvádí, že hmotnost svalstva lze vypočítat za pomoci jednotlivých korigovaných průměrů končetin, výšky těla a podle tloušťky řasy triceps. Výpočet hmotnosti svalstva vypadá následovně:

$$M = r^2 \cdot L \cdot k$$

Písmeno L reprezentuje tělesnou výšku a písmeno k (=6,5) koeficient řasy triceps z metody Pařízkové (1962). Písmeno  $r^2$  značí druhou mocninu korigovaných průměrů segmentů končetin. To získáme pomocí následujícího vzorce:

$$r = \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot r_4}{4}$$

Jednotlivé průměry značí odlišné řasy. Výpočet jednotlivých průměrů provedeme následovně:

$$r_1 = \frac{\text{obvod paže}}{\pi} - \frac{\text{řasa triceps}}{2} - \frac{\text{řasa biceps}}{2}$$

$$r_2 = \frac{\text{obvod předloktí}}{\pi} - \text{řasa předloktí}$$

$$r_3 = \frac{\text{střední obvod stehna}}{\pi} - \text{řasa quadriceps}$$

$$r_4 = \frac{\text{obvod lýtka}}{\pi} - \text{řasa lýtko max.}$$

Podle Maffulih, Chana, Macdonalda, Maliny, & Parkera (2001) dochází mezi 12. – 16. rokem k velkým změnám v rozvoji tukuprosté hmoty. U chlapců se podíl

tukuprosté hmoty zdvojnásobuje, u dívek vzroste přibližně o 50 %. Riegerová, Přidalová, a Ulbrichová (2006) naopak uvádějí, že největší nárůst tukuprosté hmoty u chlapců je mezi 15. až 17. rokem, u dívek o dva roky dříve.

**Tabulka č. 2: Podíl svalstva na hmotnosti v průběhu vývoje (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, s. 60)**

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

### 3.7 Zátěžová funkční diagnostika ve sportu

Dle Hellera (2018) se fyziologie tělesné zátěže soustředí na pozorování odezvy organismu při zatížení a studium adaptací navozených fyzickým zatěžováním. Fyziologie tělesné zátěže aplikovaná do oblasti sportu se zaměřuje na charakterizaci a popis sportovních výkonů a identifikaci vhodných fyziologických charakteristik pro různé sportovní činnosti a výkony, které se mohou výrazně lišit v závislosti na úrovni sportovní výkonnosti, od rekreační a amatérské, přes výkonnostní sport až po vrcholovou či elitní sportovní úroveň.

Lidská zdatnost se dala pozorovat již v 8. století našeho letopočtu v antické Spartě, kdy docházelo k hodnocení tvrdého výcviku mladých chlapců. V 17. století sepsal francouzský matematik a astronom Philippe de la Hire pojednání o měření síly člověka, kterou přirovnal k síle koně. Vznikali první dynamometry, které po úpravě Edmém Regnierem dokázaly změřit sílu zad, stisku ruky a tahu paže. Koncem 19. století začali v USA probíhat první výkonové a motorické testy (Heller, 2018).

Laboratorní vyšetřování zdatnosti a výkonnosti započalo koncem 19. století. (Van Praagh, & Franca, 1998). Konkrétně roku 1883 využil Němec C. Speck klidovou ergometrii k hodnocení pracovního výkonu horních končetin. Roku 1897 ve Francii zkonstruoval Elysée Bouny první bicyklový ergometr, který byl postupně zdokonalován.

V Německu roku 1889 vyvinuly běhací pás, který využili k výzkumu fyziologie lokomoce člověka (Heller, 2018).

Účelem jednoho z prvních kardiovaskulárních testů bylo porovnání srdeční frekvence a systolického tlaku ve stoje a v leže, přičemž předpokladem bylo, že jedinec vyšší zdatnosti bude vykazovat maximální zvýšení v krevním tlaku a srdeční frekvence zůstane beze změn, což by mělo vypovídat o kvalitě činnosti splachnického mechanismu. Další kardiovaskulární test vyvinut Barachem roku 1919 měřil energetické nároky oběhového systému pomocí krevního tlaku a srdeční frekvence (Kolesár, & Mikeš, 1981).

Hlavními průkopníky v oblasti měření spotřeby kyslíku byli Francis Gano Benedict a Hans Murschhauser. Ti přišli s teorií, že maximální spotřeba kyslíku a kyslíkový dluh tvoří dva primární faktory limitující výkonnost člověka. Významný podíl v rozvoji fyziologie tělesné zátěže měl dánský profesor August Krogh, který roku 1920 získal Nobelovu cenu za vyřešení záležitosti transportu dýchacích plynů do svalů a jejich difuze ve svalech, mj. se zabíral výměnou plynů v plicích či využitím sacharidů a tuků při různých typech zátěže (Kolesár, & Mikeš, 1981).

Podle Evropské charty, přijaté roku 1992, se sportem rozumí jakákoli forma pohybové činnosti, která je organizovaná či nikoli, a klade si za cíl rozvoj tělesné a duševní kondice, společenských vztahů a dosažení výsledků. V historii se pojem sport spojoval s organizovanou činností spojenou s přehlednými pravidly, kde převládala výkonnostní kritéria. V současnosti sport představuje širší spektrum, kde je důležité mj. upevňování zdraví, využití volného času a dodržování zásad fair play (Heller, 2018).

Z širšího hlediska se zátěžová funkční diagnostika týká především vyšetřování zdatnosti a výkonnosti jedince. Bartůňková et al. (2013) popisuje zdatnost jako soubor předpokladů schopné reakce na odlišné podněty prostředí, které mohou být teplotní, akustické či psychické. Někdy se také setkáme s charakteristikou jako připravenost nebo způsobilost organismu konat práci. Fyzická zdatnost je součástí obecné zdatnosti, která je spojená s konáním pohybových úkolů (Beuen, 2001). Výkonnost charakterizujeme jako schopnost podávat objektivně měřitelný výkon v konkrétní oblasti nebo sportovním odvětví. Oproti zdatnosti se liší užším pojetím a méně obecnou oblastí. Schopnost podávání určitých výkonů na poměrně stabilní úrovni nazýváme sportovní výkonnost. Je ovlivněna několika faktory, mezi které patří vrozené dispozice a



tréninkový proces. Sociální prostředí společně s ekonomickými a demografickými podmínkami také ovlivňují výkonnost, stejně jako geografické podmínky (např. nadmořská výška, dostupnost sportovišť atd.) (Bartůňková et al., 2013).

K vyhodnocení výkonnosti a zdatnosti se používá široká řada postupů a metod. Zejména se jedná o laboratorní zátěžové testy, které stanovují úroveň maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2\max$ ), a to buďto přímo (maximální test na bicyklovém či běžeckém ergometru) či nepřímo (step test, test  $W_{170}$ ). Využit se dá také terénních testů, které nemají takovou míru přesnosti jako laboratorní. Mezi nejznámější patří Cooperův test, Légerův test či test chůze na 2 km, respektive 1 600 metrů. Princip těchto testů je přibližná hodnota  $VO_2\max$  podle překonané vzdálenosti v závislosti na čase s ohledem na věk a pohlaví (Heller, 2018).

Testy zátěžové diagnostiky cílené na měření fyzické zdatnosti a kondice se zpravidla zaměřují na velké svalové skupiny, jelikož práce neklade zvláštní nároky na pohybové dovednosti a techniku pohybu. Diagnostika výkonnosti se naopak orientuje na zatěžování specifických svalových skupin, kde je doporučeno, aby zátěžový model obsahoval specifické techniky a speciální pohybové dovednosti. U testů toho typu bývá nižší standardizace testu (Heller, 1997).

Hodnocení zdatnosti, výkonnosti a potažmo trénovanosti je složitý proces, přičemž se bere ohled na dostupnost a výpovědní hodnotu referenčních norem. V dnešní době lze využít například starší národní normy, které vznikly mezi lety 1968–1974 v rámci Mezinárodního biologického programu (IBP). Podle Máčka a Máčkové (1996) jsou hodnoty z tohoto programu referenční dodnes. Autoři často používají jako referenční hodnoty různorodé zahraniční normy, které ale nelze brát jako reprezentativní vzorky z důvodu záměrného výběru motivovaných osob. Obdobná měření byla provedena i u nás, ale vzhledem k omezenému počtu osob nelze brát výsledky jako spolehlivé referenční hodnoty pro tuzemskou populaci (Heller, 2018).

„Zlatým standardem“ pro zjištění fyzické zdatnosti nadále zůstává maximální aerobní test. Využit lze také zátěžové testy zaměřené na nepřímé stanovení hodnoty  $VO_2\max$ . K odhadu úrovně fyzické zdatnosti se v posledních desetiletích začalo využívat testovacích baterií kvůli technické nenáročnosti a možnosti změřit větší počet osob mimo laboratoř. Nicméně výsledky testů provedené v terénu obsahují více nepřesností a mohou být ovlivněny vnějšími podmínkami (Heller, 2018).

Kromě druhu testu může výsledné proměnné ovlivnit také daný ergometr. Marko, Bahenský, Snarr a Malátová (2021) zjistili, že výsledné parametry mohou být významně odlišné kvůli typu ergometru, který byl využit k měření – např. běžci či plavci prokazují významně vyšší kardiorespirační hodnoty na běžeckém ergometru, kdežto cyklisté dosahují významně vyšších hodnot na ergometru bicyklovém.

Podle Hellera (2018) je důležitým aspektem hodnocení fyzické zdatnosti problematika biologického věku. Zpravidla se týká u dětí a mládeže, kde se často vyskytuje biologická akcelerace či retardace oproti kalendářnímu věku, a u dospělých jedinců středního a vyššího věku, kde dochází k odlišným hodnotám morfologických a funkčních parametrů pro danou věkovou kategorii.

Ve fotbale se kladou požadavky na všechny struktury sportovního výkonu, kam řadíme taktické, technické, psychické, somatické a kondiční parametry. Bangsbo (1993) uvádí, že výkon v samotném utkání lze brát jako nejlepší ukazatel trénovanosti hráče, avšak je náročné objektivně posoudit výkon hráče a oddělit od sebe jednotlivé faktory struktury sportovního výkonu.

Pro hráče je fotbalové utkání charakteristické různorodou psychofyzickou zátěží, které se skládá z řady pohybových činností, kterými jsou např. sprinty v různých směrech, kopy do míče, výskoky, rychlé změny směru pohybu, souboje o míč atd. Hráči vrcholové úrovně překonají vzdálenost cca 10–12 km, u brankářů se jedná přibližně o 4 km (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). U elitních fotbalistů je průměrně absolvovaná vzdálenost delší pouze o 0,5 km, ale jsou schopni opakovaně provádět běhy ve vysokých rychlostech a vykonávat více sprintů o 28 %, respektive o 58 % (Reilly, 1990).

Za žádoucí úroveň  $VO_2\text{max}$  uvádí Bangsbo (1993) a Heller, Procházka, Bunc, Dlouhá, & Novotný (1993) rozmezí  $60\text{--}65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  s rozpětím  $50\text{--}75 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , u brankářů je to podstatně méně s hodnotami mezi  $50\text{--}55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Mladí fotbalisté dosahují zpravidla menších hodnot okolo  $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  či lehce po  $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , existují ale i výjimky, které převyšují hodnoty seniorských hráčů (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001). Již od 14 let vznikají rozdíly hodnot  $VO_2\text{max}$  mezi ofenzivními hráči (útočníci, záložníci) a obránci (Stølen et al., 2005).

U fotbalistů se zpravidla využívá stupňovaný test do „vita maxima“ na běhacím koberci. Eventuálně lze využít maximálního bicyklového testu, avšak ten je málo

specifický. K posouzení aerobní zdatnosti se poměrně často využívá terénních testů, vzhledem k odlišnému charakteru vytrvalosti ve fotbale. Častou formou je Légerův člunkový běh či vytrvalostní nebo intermitentní „Yo-Yo“ test (Heller, 2018).

Terénní testy zahrnují spoustu nevýhod. Metaxas, Koutlianos, Kouidi, & Deligiannis (2005) uvádí, že terénní testy výrazně podhodnocují úroveň  $VO_2\text{max}$  stanovenou standardně laboratorními testy na běhacím koberci, a to až o 13 %. Terénní testy nestanovují maximální hodnoty srdeční frekvence, které jsou důležité pro stanovení intenzit tréninkových zátěží a pro hodnocení odezvy organismu hráče na zatížení v utkání a tréninku (Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002).

Pozornost se věnuje také diagnostice anaerobních dispozic. V laboratoři se nejčastěji využívá Cunningham-Falkerův test na běhacím koberci (běh o rychlosti  $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  o sklonu 20 %), 30 s Wingate test, případně výskokové testy či F-v testy (test síla-rychlost) (Heller, 2018).

### **3.8 Spiroergometrie**

Heller (2018) pojmem spiroergometrie rozumí laboratorní funkční vyšetření, které monitoruje kardiorespirační a metabolické změny v organismu při standardním způsobu zatěžování. Základním údajem spiroergometrického vyšetření v oblasti diagnostiky zdatnosti a výkonnosti člověka je maximální aerobní kapacita – celkové množství mobilizované energie možné získat oxidativní resyntézou ATP. Výsledné množství energie nelze stanovit přímo, proto se v praxi využívá nepřímých ukazatelů, které úzce souvisí s tzv. aerobní zdatností. Například Whipp, Davis, Torres, & Wasserman (1981) udávají čtyři základní ukazatele – maximální spotřebu/příjem kyslíku ( $VO_2\text{max}$ ), časovou konstantu kinetiky  $VO_2$ , pracovní účinnost a anaerobní práh.

Maximální spotřeba kyslíku představuje základní parametr zdatnosti a výkonnosti člověk, což je zapříčiněno horním limitem aerobní zátěžové tolerance. Odráží jak kapacitu plic, schopnost srdce a krve transportovat kyslík k pracujícímu svalstvu, tak i využití kyslíku ve svalstvu při zatížení. Dnes se spíše užívá pojem maximální příjem kyslíku, jelikož jsme schopni změřit příjem kyslíku organismem a nikoli jeho spotřebu na tkáňové úrovni. Hodnoty  $VO_2\text{max}$  se vyjadřují buďto v mililitrech kyslíku využitého za minutu na kilogram tělesné hmotnosti ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), nebo jako absolutní objem kyslíku za minutu ( $VO_2, \text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (Heller, 2018).

Stølen et al. (2005) doporučuje pro fotbalisty využití běhacího ergometru z důvodu podobnosti s jejich činností a získání vyšších hodnot než z bicyklového ergometru.

Dle Hamara a Lipkové (2001) se maximální aerobní kapacita odvíjí od spolupráce respiračního, kardiovaskulárního a svalového systému. Wasserman (1999) říká, že jediným limitujícím faktorem z výše tří uvedených, je kardiovaskulární systém.

Noakes (2002) zmiňuje, že hodnota  $VO_2\text{max}$  je ovlivněna těmito faktory:

- věk: zdraví neaktivní jedinci mají pokles hodnoty  $VO_2\text{max}$  rovný okolo 9 % za každých 10 let po překročení hranice 25 roků života. U aktivních sportovců provádějící intenzivní cvičení je pokles  $VO_2\text{max}$  pouze 5 %. S věkem se zmenšuje podíl svalové hmoty a snižuje se kontraktilita, odolnost a účinnost proti únavě srdce a kosterního svalstva;
- pohlaví: ženy dosahují nižších hodnot  $VO_2\text{max}$  z důvodu většího procenta tělesného tuku, menšího podílu svalové hmoty a „méně silným“ svalům;
- trénink a kondice: vlivem pravidelného cvičení a tréninku lze zvýšit úroveň  $VO_2\text{max}$  o 5–15 %;
- nadmořská výška: nadmořská výška ovlivňuje úroveň  $VO_2\text{max}$  nejvíce, jelikož klesá barometrický tlak a obsah kyslíku ve vzduchu. Squires a Buskirk (1982) uvádí, že předpokládaná ztráta hodnoty  $VO_2\text{max}$  je přibližně 10 % každých 1 000 metrů nad výškou 1 200 m. n. m.;

Podle studie Klissourase (1973), která byla provedena na dvojčatech odlišného životního stylu, se zjistilo, že maximální aerobní kapacita je ovlivněna geneticky z 81 %. Cacek (2008) zmiňuje, že množství mitochondrií a aktivita oxidačních enzymů, hustota kapilár ve svalech či podíl svalových vláken je taktéž předurčeno genetikou.

Bahenský et al. (2021) zmiňuje, že úroveň  $VO_2\text{max}$  se odvíjí od využívaného ergometru, přičemž na běžeckém ergometru jsou v průměru o 5–12 % vyšší hodnoty než na ergometru bicyklovém kvůli menšímu počtu zapojených svalů.

Podle Suchomela (2006) patří k základním somatickým parametrům výška a hmotnost, díky kterým lze posoudit růstové a vývojové tendence organismu v období ontogeneze nebo určovat zdravotní stav, výživovou situaci či sociálně-ekonomické podmínky i skupin populace. Z těchto parametrů vychází spousta indexů, nejčastějším

je body mass index (BMI), který je zpravidla nepřesný kvůli tomu, že nepočítá se svalovou hmotou jedince. Vypočten je tímto vzorcem:

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

Dále Suchomel (2006) zmiňuje důležitost podkožního tuku, který může pozitivně i negativně v závislosti na typu sportovní činnosti ovlivňovat úroveň motorické výkonnosti.

Z vypočítané hodnoty lze jedince přiřadit do příslušné kategorie. Rozeznáváme celkem čtyři – podváha, normální hmotnost, nadváha a obezita. Obezitu dělíme na tři podkategorie – I., II. a III. stupeň (Holeček, 2006).

Bazální metabolismus je podle Bartůňkové et al. (2013) energie, která je zapotřebí k základnímu fungování lidského těla. Pro přesné určení je zapotřebí fyzického a psychického klidu, ideální okolní teploty (21 °C), lačnění po dobu dvanácti hodin a dvoudenní bezbílkovinná dieta. Bazální metabolismus u mužů o hodnotě 6 000 kJ·24 h<sup>-1</sup> je podstatně vyšší než u žen, které mají přibližně 5 000 kJ·24 h<sup>-1</sup>.

Dle Bartůňkové et al. (2013) zpravidla hodnotíme pro stanovení maximální spotřeby/příjmu kyslíku u anaerobně zátěžových testů tyto parametry:

- VO<sub>2</sub>: spotřeba kyslíku, v dnešní době vhodnější popis jako příjem kyslíku, lze užívat jak absolutní [VO<sub>2</sub>, l·min<sup>-1</sup>], tak relativní [ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>] hodnoty, která je přesnější z důvodu vztahu k tělesné hmotnosti nebo počtu kilogramů tukuprosté hmoty. Normalizované vyjádření používáme pro porovnání jedinců a jejich odlišných tělesných rozměrů [ml·kg<sup>-0,66</sup>·min<sup>-1</sup>];
- VCO<sub>2</sub>: množství vydýchaného vzduchu z těla za jednu minutu, lze vyjádřit absolutně [l·min<sup>-1</sup>] nebo relativně [ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>];
- RER: poměr mezi výdejem oxidu uhličitého a příjmem kyslíku;
- V: minutová ventilace, množství vzduchu vydýchané plicemi za jednu minutu [l·min<sup>-1</sup>], odpovídající součinu DF a V<sub>T</sub>;
- DF – dechová frekvence [min<sup>-1</sup>];
- V<sub>T</sub> – dechový objem [l];
- SF – srdeční frekvence, měřeno přímo na srdci pomocí kardiotačometrů, monitorů srdeční frekvence či EKG, TF (tepová

frekvence) značí frekvenci pulsové vlny stanovené palpací tepu na velkých tepnách;

- TK – krevní tlak (TKs – systolický krevní tlak, TKd – diastolický krevní tlak)
- $v_{\max}$  – maximální dosažená rychlost na běhacím koberci [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ], doplněná se sklonem pásu;
- LA – koncentrace laktátu v krvi [ $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ], doplněná o hodnotu (klidová, submaximální, maximální) a časový údaj (doba odběru);
- $\text{VO}_2\text{max}$  a  $\text{VO}_2\text{peak}$  – maximální a vrcholový příjem kyslíku, pojem  $\text{VO}_2\text{max}$  by měl být využíván za předpokladu, že bylo dosaženo tzv. plató spotřeby během zátěžových testů nebo případně splnění minimálně jednoho ze tří užívaných kritérií. Mezi ně se řadí poměr respirační výměny RER, který by měl převýšit hodnotu 1,00 (u trénovaných větší než 1,1), koncentrace laktátu v krvi v prvních minutách zotavení, která by měla převyšovat hranici  $8 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (u trénovaných větší než  $10 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ), a srdeční frekvence, která by se měla přibližovat teoretické maximální hodnotě – pokud tato kritéria nejsou splněna, tj. přítomnost plató nebo dosažení jednoho ze tří výše zmíněných kritérií, jedná se o vrcholový příjem kyslíku, nikoli maximální.

## 4 Projekt experimentu, jeho organizace a průběh

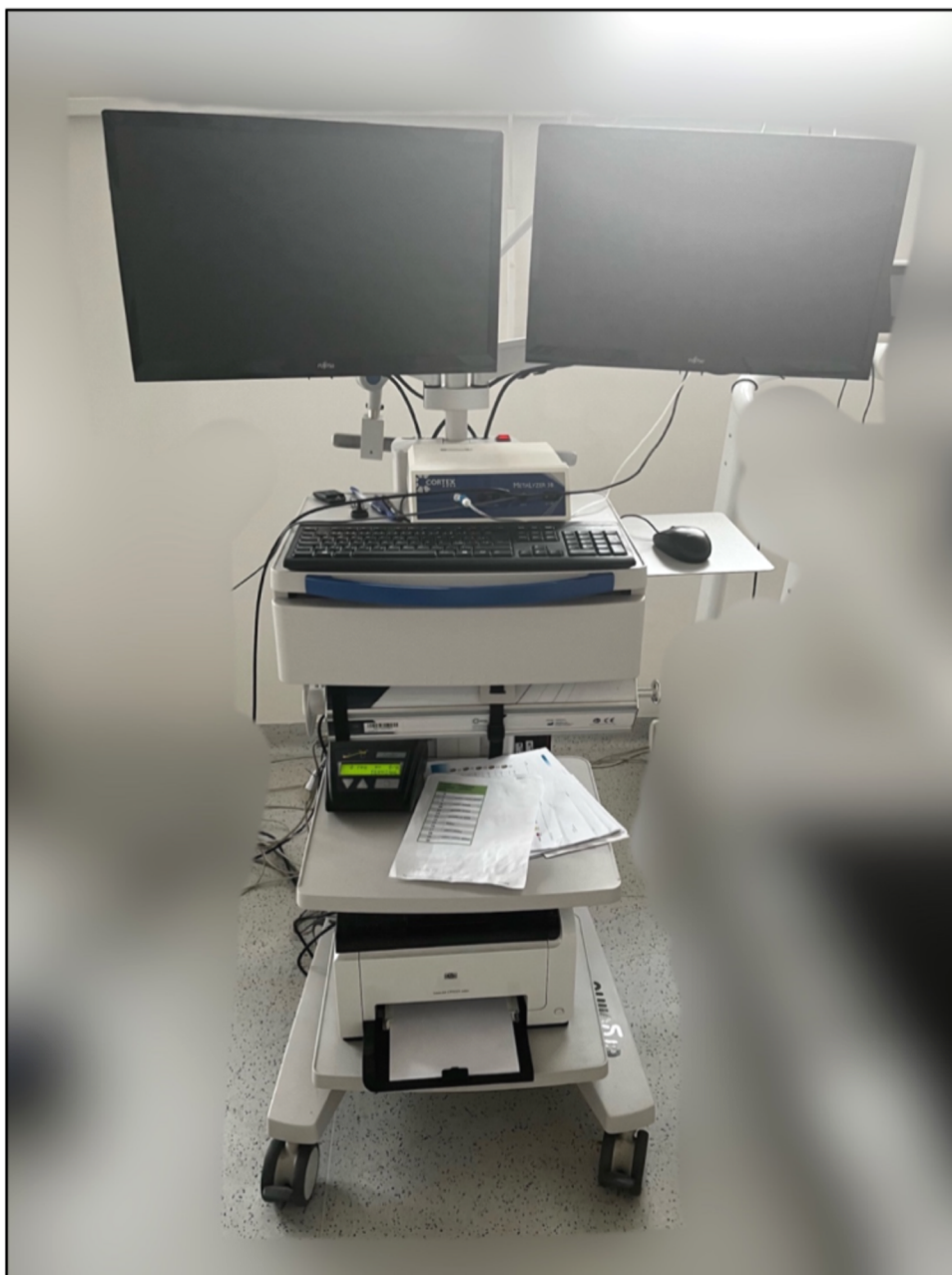
### 4.1 Využité testovací přístroje

Přístroj Tanita BC 418 MA je segmentální analyzátor, který využívá metody bioelektrické impedance a multifrekvenční analýzy, díky kterým rozpozná obsah intercelulární a extracelulární tekutiny v těle. Obsahuje dohromady 8 katod, přičemž 4 jsou umístěny ve spodní nášlapné části. Zbylé 4 jsou integrované v ručních madlech. Mimo tělesnou hmotnost dokáže změřit také podíl svalové hmoty a hmotnost svalové tkáně, % a hmotnost tělesného tuku, BMI či bazální metabolismus. Měřená osoba by měla být pouze ve spodním prádle (Fitham, 2021).



Obrázek č. 6: Tanita BC 418 MA

Jedná se o spiroergometrický systém zajišťující maximální kompatibilitu a spolehlivost při provádění kardiopulmonálních CPX testů. Spojuje analyzátor dechových plynů Cortex MetaLayzer s dvanácti svodovým elektrodiagramem a dalšími přístroji a doplňky. Zařízení jsou připojena do počítače, který je společně s MetaLayzer připojen do přístrojového vozíku, který má za součást dva monitory, kde můžeme pozorovat spirometrické a ergometrické parametry společně s EKG křivkou (SUMMUS vita, 2021).



Obrázek č. 7: Cortex MetaControl 3000



Stacionární systém pro kardiopulmonální zátěžové testy Cortex MetaLyzer 3B slouží ke kompletnímu lékařskému vyšetření plic, srdce a metabolismu v klidu a při zátěži. Je kompatibilní s určitými EKG přístroji a lze ho rozšířit i o další doplňky. Možnou variantou je propojení se softwarem MetaSoft® Studio, díky kterému lze sledovat více než 100 kardiopulmonálních parametrů a je ideální jak pro měření sportovců, tak pro lékařské diagnostické vyšetření (Compek, 2021).



Obrázek č. 8: Cortex MetaLyzer 3B

Ergometr Lode Valiant Plus představuje běžecký pás založen pro kardiopulmonální testování, který se využívá ve sportovní medicíně. Rychlost je nastavitelná od 0,5 do 25 km·h<sup>-1</sup>. Sklon běhacího pásu může být nastaven do 25 %, přičemž je zde také funkce negativního sklonu až o 10 %. Volitelně lze také změřit krevní tlak, srdeční frekvenci a okysličení krve (Compek, 2021).



**Obrázek č. 9: Běžecký ergometr Lode Valiant Plus**

Nedílnou součástí ke zpracování dat byl hrudní pás značky Polar ke změření srdeční frekvence a spiroergometrická maska, kterou měl proband na sobě při testu na běžeckém ergometru. Data změřená hrudním pásem byla pomocí Bluetooth přenesena do programu na počítači (Polar, 2021).



Obrázek č. 10: Hrudní pás Polar a spiroergometrická maska

## 4.2 Charakteristika testovaného souboru

Při výběru testovaného souboru byla důležitá ochota podstoupit test na běžeckém ergometru v podobné fázi sportovní přípravy. Další roli hrála jednoduchost shromáždění probandů a spolupráce univerzity s fotbalovým klubem, díky čemuž měli probandi možnost testu bez poplatku.

Akademie Sportovního klubu Dynamo České Budějovice byla založena na jaře roku 2018, přičemž patří mezi jednu z deseti akademií spadající pod národní Klubové akademie Fotbalové asociace České republiky v České republice (Akademie, 2018).

Akademie si za hlavní cíle klade jak dlouhodobou a systematickou přípravu dětí a mládeže zohledňující sportovní výkonnost, tak rozvoj z hlediska školního vzdělání, výživy, či psychiky (Akademie, 2018).

Akademie čítá dohromady 15 mládežnických kategorií, od kategorie U6 až po U19. Jako poslední tým se přidal dívčí tým (Akademie, 2018).

Tréninkový plán se v nižších kategoriích akademie liší od dorosteneckých, záleží také na přístupu jednotlivých trenérů. Námi zkoumané kategorie však disponují podobným tréninkovým plánem, tj. až na výjimky (např. regenerace po domluvě

trenérů, zrušení tréninkové jednotky) mají stejné podmínky a stejný počet tréninkových jednotek. Skládá se ze sedmi tréninkových jednotek a zápasu.

**Tabulka č. 3: Obecný tréninkový program dorosteneckých kategorií**

| TRÉNINKOVÝ PLÁN      |  |  |  |         |                         |        |        |
|----------------------|--|--|--|---------|-------------------------|--------|--------|
| DEN                  | pondělí                                      | úterý  | středa                                     | čtvrtek | pátek                   | sobota | neděle |
| KATEGORIE<br>DOROSTŮ | posilovací<br>trénink,<br>poziční<br>trénink | posilovací<br>trénink,<br>technicko<br>taktický<br>trénink | posilovací<br>trénink,<br>herní<br>trénink | volno   | předzápasový<br>trénink | zápas  | volno  |

Tréninkový plán se může lišit z několika důvodů – nejčastěji kvůli zápasovému dni, který může být v neděli nebo výjimečně ve všední den. V případě odložení či přesunutí na jiný den zůstává princip stejný – předzápasový trénink se posune před zápasový den a volno se obvykle zkrátí ze dvou dnů na jeden.

Našeho testování se zúčastnily dohromady čtyři dorostenecké kategorie, konkrétně dvě kategorie mladšího dorostu (kategorie U16 a U17) dvě kategorie staršího dorostu (kategorie U18 a U19). Koncept těchto kategorií funguje následovně – kategorie U17 a U19 jsou brány jako primární tým, hrající I. celostátní dorosteneckou ligu, přičemž kategorie U16 a U18 jsou brány jako rezervní tým pro tyto kategorie. Oficiálně tyto kategorie hrají soutěže určené pro kategorie U17 a U19, přičemž název je pouze formální. Z toho důvodu se můžeme setkat s tím, že fotbalisté budou disponovat vyšším věkem, než je pro kategorii přípustné. Setkat se také můžeme také s nižším věkem, že což může být fakt, že jedinec byl trenérem posunut o kategorii výše. Obecně není přesně dané, do které kategorie jedinec spadá, záleží spíše na předvedených výkonech.

Celkově bylo otestováno 63 fotbalistů. Podle postů jsme testovali 4 brankáře, 20 obránců, 23 záložníků a 16 útočníků. Nejpočetnější skupinou byla kategorie U19, která čítala 22 jedinců. Nejméně probandů bylo v kategorii U18, kde jsme testovali 9 fotbalistů.

Testování z kategorie U16 se dohromady zúčastnilo 18 fotbalistů. Rozdělení podle pozic vypadalo následovně – 1 brankář, 5 obránců, 6 záložníků a 6 útočníků. Průměrný věk osob v době testování byl  $14,78 \pm 0,42$  let, výška  $173,83 \pm 6,52$  cm a

hmotnost  $57,51 \pm 8,31$  kg. Fotbalisté č. 2, 6, 10 a 19 oficiálně spadají do kategorie U15, každopádně byli trenéry posunuti o kategorii výš, proto byli zahrnuti v testování, což platí i v dalších případech (Akademie, 2021a).

**Tabulka č. 4: Popis probandů kategorie U16**

| <b>proband</b>   | <b>věk [r]</b> | <b>výška [cm]</b> | <b>hmotnost [kg]</b> | <b>pozice</b> |
|------------------|----------------|-------------------|----------------------|---------------|
| fotbalista č. 1  | 15             | 168               | 50,5                 | obránce       |
| fotbalista č. 2  | 14             | 172               | 64,7                 | obránce       |
| fotbalista č. 3  | 15             | 175               | 55,3                 | záložník      |
| fotbalista č. 4  | 15             | 170               | 55,0                 | obránce       |
| fotbalista č. 5  | 15             | 182               | 70,9                 | obránce       |
| fotbalista č. 6  | 14             | 173               | 52,6                 | útočník       |
| fotbalista č. 7  | 15             | 177               | 61,5                 | útočník       |
| fotbalista č. 8  | 15             | 165               | 45,9                 | záložník      |
| fotbalista č. 9  | 15             | 168               | 51,3                 | útočník       |
| fotbalista č. 10 | 14             | 170               | 60,5                 | útočník       |
| fotbalista č. 11 | 15             | 169               | 51,3                 | záložník      |
| fotbalista č. 12 | 15             | 184               | 51,6                 | obránce       |
| fotbalista č. 13 | 15             | 184               | 71,7                 | záložník      |
| fotbalista č. 14 | 15             | 185               | 74,6                 | brankář       |
| fotbalista č. 15 | 15             | 181               | 59,7                 | útočník       |
| fotbalista č. 16 | 15             | 165               | 45,7                 | záložník      |
| fotbalista č. 17 | 15             | 170               | 58,9                 | záložník      |
| fotbalista č. 18 | 14             | 171               | 53,5                 | útočník       |

Z kategorie U17 se dostavilo 14 probandů. Podle hráčských pozic bylo testováno 5 obránců, 5 záložníků a 4 útočníci. Věk v průměru dosahoval  $15,93 \pm 0,26$ . Naměřená výška dosahovala  $175,07 \pm 5,61$  cm a hmotnost  $67,24 \pm 8,42$  kg. V této kategorii byl posunut pouze jeden fotbalista, a to konkrétně fotbalista č. 11 (Akademie, 2021b).

Tabulka č. 5: Popis probandů kategorie U17

| proband          | věk [r] | výška [cm] | hmotnost [kg] | pozice   |
|------------------|---------|------------|---------------|----------|
| fotbalista č. 1  | 16      | 175        | 74,5          | obránce  |
| fotbalista č. 2  | 16      | 186        | 85,0          | obránce  |
| fotbalista č. 3  | 16      | 176        | 69,7          | útočník  |
| fotbalista č. 4  | 16      | 164        | 58,5          | útočník  |
| fotbalista č. 5  | 16      | 177        | 66,3          | záložník |
| fotbalista č. 6  | 16      | 176        | 55,9          | obránce  |
| fotbalista č. 7  | 16      | 173        | 60,4          | záložník |
| fotbalista č. 8  | 16      | 178        | 54,2          | záložník |
| fotbalista č. 9  | 16      | 171        | 59,5          | útočník  |
| fotbalista č. 10 | 16      | 184        | 75,7          | obránce  |
| fotbalista č. 11 | 15      | 168        | 71,5          | útočník  |
| fotbalista č. 12 | 16      | 178        | 73,7          | záložník |
| fotbalista č. 13 | 16      | 170        | 67,4          | záložník |
| fotbalista č. 14 | 16      | 175        | 69,0          | obránce  |

Kategorie U18 obsahovala nejméně probandů, co se do počtu týče, a to konkrétně 9. Podle postů byl otestován 1 brankář, 2 obránci, 4 záložníci a 2 útočníci. V době testování měli probandi průměrný věk přesně  $17 \pm 0,47$ . Probandi byli vysocí v průměru  $179,11 \pm 5,36$  cm a vážili  $72,44 \pm 7,66$  kg. Fotbalista č. 5 byl posunut o kategorii výš, přičemž fotbalista č. 7 byl přeřazen níže (Akademie, 2021c).

Tabulka č. 6: Popis probandů kategorie U18

| <b>proband</b>  | <b>věk [r]</b> | <b>výška [cm]</b> | <b>hmotnost [kg]</b> | <b>pozice</b> |
|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|---------------|
| fotbalista č. 1 | 17             | 180               | 78,3                 | obránce       |
| fotbalista č. 2 | 17             | 182               | 73,4                 | záložník      |
| fotbalista č. 3 | 17             | 179               | 75,9                 | brankář       |
| fotbalista č. 4 | 17             | 185               | 73,1                 | obránce       |
| fotbalista č. 5 | 16             | 186               | 80,0                 | záložník      |
| fotbalista č. 6 | 17             | 176               | 56,1                 | záložník      |
| fotbalista č. 7 | 18             | 168               | 61,6                 | záložník      |
| fotbalista č. 8 | 17             | 174               | 77,3                 | útočník       |
| fotbalista č. 9 | 17             | 182               | 76,3                 | útočník       |

Naopak kategorie U19 byla nejvíce početná, když na testování dorazilo 22 probandů, z nichž byli 2 brankáři, 8 obránců, 8 záložníků a 4 útočníci. 17,32 let byl průměrný věk se směrodatnou odchylkou 0,55. Hodnoty pro výšku a hmotnost v průběhu testování byly naměřeny na  $181,27 \pm 6,37$  cm, respektive  $75,67 \pm 8,22$  kg. Fotbalista č. 6 byl přeřazen o kategorii výše a jeho výsledek byl taktéž započítán (Akademie, 2021d).

Tabulka č. 7: Popis probandů kategorie U19

| proband          | věk [r] | výška [cm] | hmotnost [kg] | pozice   |
|------------------|---------|------------|---------------|----------|
| fotbalista č. 1  | 17      | 196        | 93,0          | brankář  |
| fotbalista č. 2  | 17      | 190        | 96,8          | obránce  |
| fotbalista č. 3  | 17      | 175        | 72,0          | záložník |
| fotbalista č. 4  | 18      | 187        | 80,4          | obránce  |
| fotbalista č. 5  | 17      | 175        | 69,1          | záložník |
| fotbalista č. 6  | 16      | 194        | 73,5          | obránce  |
| fotbalista č. 7  | 18      | 189        | 84,9          | útočník  |
| fotbalista č. 8  | 17      | 181        | 77,3          | záložník |
| fotbalista č. 9  | 18      | 181        | 71,4          | záložník |
| fotbalista č. 10 | 17      | 179        | 72,6          | útočník  |
| fotbalista č. 11 | 17      | 177        | 76,3          | útočník  |
| fotbalista č. 12 | 18      | 176        | 66,0          | záložník |
| fotbalista č. 13 | 17      | 176        | 65,0          | obránce  |
| fotbalista č. 14 | 18      | 180        | 76,1          | záložník |
| fotbalista č. 15 | 17      | 180        | 78,0          | záložník |
| fotbalista č. 16 | 18      | 178        | 67,9          | obránce  |
| fotbalista č. 17 | 18      | 184        | 79,4          | obránce  |
| fotbalista č. 18 | 17      | 181        | 76,6          | brankář  |
| fotbalista č. 19 | 17      | 185        | 83,7          | útočník  |
| fotbalista č. 20 | 17      | 172        | 65,0          | obránce  |
| fotbalista č. 21 | 18      | 174        | 68,1          | obránce  |
| fotbalista č. 22 | 17      | 178        | 71,8          | záložník |

### 4.3 Průběh výzkumu

Měření a testování probandů v Laboratoři zátěžové funkční diagnostiky na Katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity bylo uskutečněno na základě dohody s šéftrenérem mládeže Akademie Sportovního klubu Dynamo České Budějovice před začátkem podzimní části sezóny. Důležitým kritériem pro co nejpřesnější testování byl zdravotní a kondiční stav probandů, aby naměřené hodnoty dosahovaly maximálních hodnot. Probandi byli měřeni celkem v 6 dnech, a to 25. a 26. června



kategorie U19, 5. a 6. července kategorie U18, 8. a 9. července kategorie U17 a 12. a 13. července kategorie U16, avšak vyskytli se jedinci, kteří se z určitých důvodů nemohli dostavit, a byli změřeni jiný den. Výsledky mohou být značně ovlivněny únavou zapříčiněnou delším tréninkovým obdobím před provedením testu.

Nejprve bylo provedeno změření výšky probanda, k čemuž bylo využito manuálního antropometrického výškoměru, bez ponožek a co nejvíce vzpřímeného, aby došlo k změření co nejpřesnější hodnoty, která byla posléze doplněna do elektronického protokolu včetně jména, příjmení a data narození.

Následovalo změření na přístroji Tanita BC 418 MA – probandovi bylo nařízeno svlečení pouze do spodního prádla a po zaznění zvukového signálu byl informován o nástupu na platformu přístroje. Po kalibraci váhy byl proband vyzván k uchopení madel do každé ruky za účelem provedení bioelektrické impedance, který byla doprovázena zvukovými signály. Po skončení zvukových signálů byl proband vyzván odložit madla na původní místo a slezení z platformy. Naměřená data byla převedena do počítače.

Poté následovalo měření na běžeckém ergometru. Proband oblečen ve sportovním oblečení a nejlépe běžecké obuvi je obeznámen s průběhem, a především ukončením testu, který vypadá následovně – testovaný zvednutím ruky dá najevo, že mu dochází síla na pokračování testu, a po přibližně 30 sekundách ukončí test, kdy je informován o seskočení na boční strany běžeckého ergometru, aby byla rychlost snížena na  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  pro pozátěžové vychození trvající 3 minuty. Po obeznámení je mu nandán hrudní pás k měření srdeční frekvence a nandána spiroergometrická maska. Před začátkem testu dochází k měření usilovné vitální kapacity (FVC) po maximálním usilovném nádechu – uskutečňují se 2 pokusy, přičemž je zapsán ten s větší hodnotou a proband má možnost držet se zábradlí k provedení lepšího výsledku. Následně je proband připoután bezpečnostním pásem, jehož funkce je vytrhnutí z upevněné části na páse probanda a vyslání signálů po zastavení běžeckého ergometru, když probandovi dochází síly a je zde riziko pádu. Posléze proband podstoupí rozběh v délce 4 minut v tempu mezi  $6\text{--}8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , kdy rychlost si může nastavit po dotázání pomocí gestikulace či kývnutí. Po rozehřátí následuje dvouminutová pauza, na kterou navazuje začátek testu. Počáteční rychlost testu je u probandů, kteří test podstoupili poprvé, stejná jako při rozběhu. Probandi, kteří již podstoupili testování dříve, si mohli říct o odlišné

nastavení počáteční rychlosti. Každou minutu je rychlost navýšena o  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Sklon při našem testování byl nastaven na 5 %, jelikož se jedná o standardizovanou hodnotu. Test je ukončen po vyčerpání jedince a nemožnosti pokračování v testu.

## 5 Výsledky somatických parametrů

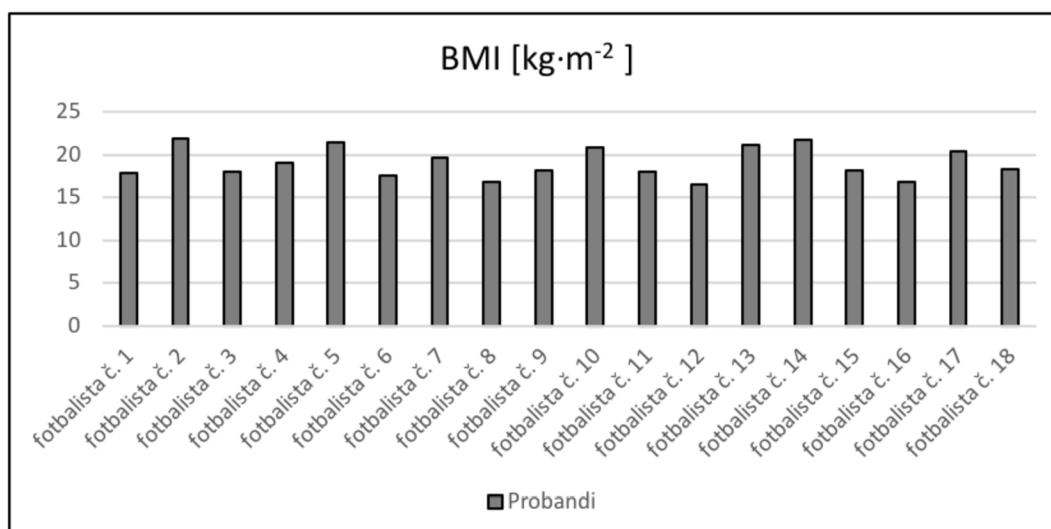
### 5.1 BMI

K následnému zařazení do příslušné skupiny jsme využili následující klasifikace (Holeček, 2006).

Tabulka č. 8: Klasifikace BMI

| Kategorie           | BMI       | Riziko komplikací |
|---------------------|-----------|-------------------|
| Podváha             | < 18,5    | Nízké             |
| Normální hmotnost   | 18,5–24,9 | Průměrné          |
| Nadváha             | 25–29,9   | Mírně zvýšené     |
| Obezita I. stupně   | 30–34,9   | Středně zvýšené   |
| Obezita II. stupně  | 35–39,9   | Vysoké            |
| Obezita III. stupně | > 40      | Velmi vysoké      |

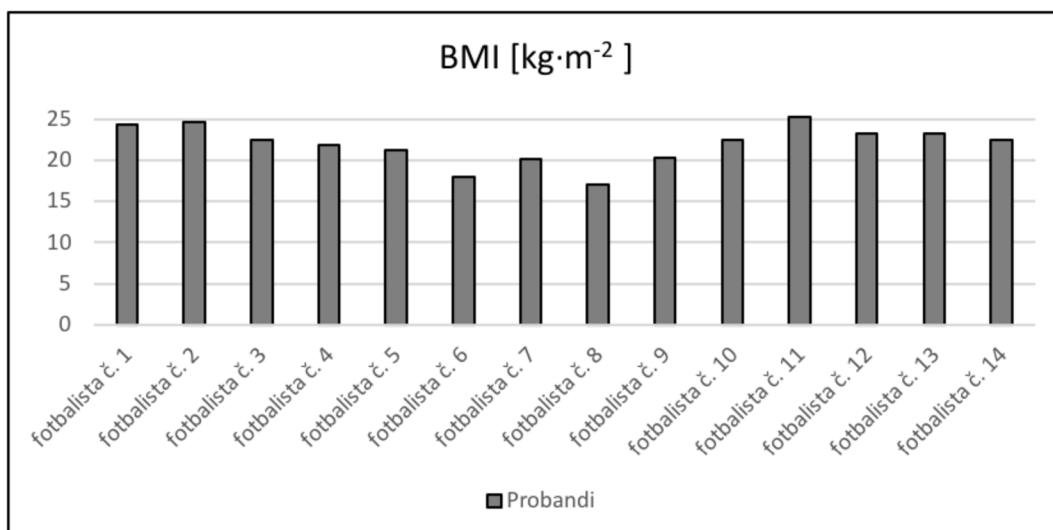
Na grafu č. 1 lze vidět jednotlivé výsledky BMI u fotbalistů kategorie U16. BMI dosahovalo v průměru hodnot  $19,04 \pm 1,74 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Nejvyšší hodnota byla naměřena u fotbalisty č. 2, a to  $21,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Fotbalisti č. 12 byla změřena hodnota  $16,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  a jednalo se o nejmenší hodnotu v této kategorii. Fotbalisté č. 1, 3, 6, 8, 9, 11, 12, 15, 16 a 18 se nacházeli v kategorii podváha, zbytek spadl do kategorie normální hmotnost.



Graf č. 1: Hodnoty BMI kategorie U16

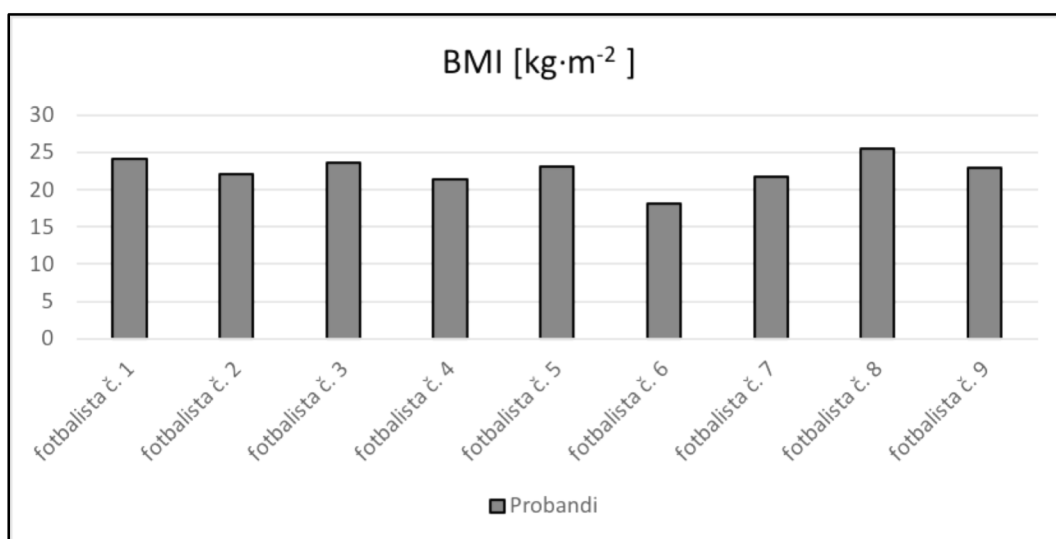
Graf č. 2 znázorňuje výsledky BMI jednotlivých členů kategorie U17. Ze 14 probandů se nacházeli celkem 2 pod normální hmotností, konkrétně fotbalista č. 6 a 8, přičemž fotbalista č. 11 lehce přesáhl kategorii normální hmotnosti, a nacházel se v nadváze. Zbytek týmu disponoval normální hmotností. Průměr zde vycházel na

hodnotu  $21,91 \pm 2,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Nejvyšší hodnotu měl fotbalista č. 11, a to  $25,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Hodnota  $17,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  byla ze všech nejnižší a naměřena byla u fotbalisty č. 8.



Graf č. 2: Hodnoty BMI kategorie U17

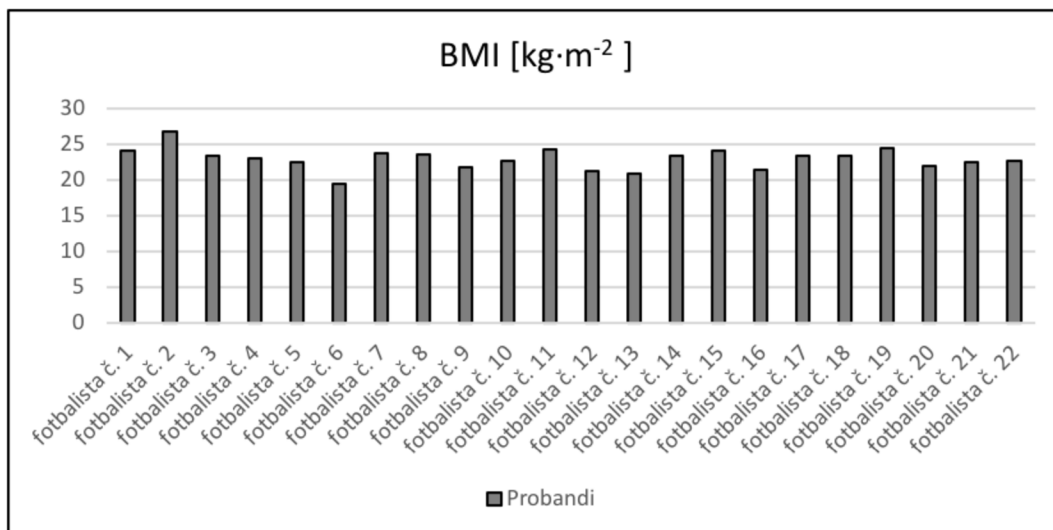
Na grafu č. 3 lze vidět dílčí výsledky parametru BMI u kategorie U18. V nejmenší skupině jsme zjistili, že průměrná hodnota byla  $22,56 \pm 1,97 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . V podvázce se nacházel pouze fotbalista č. 6 s nejnižší hodnotou  $18,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , naopak v nadvázce byl fotbalista č. 8 s nejvyšší hodnotou  $25,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Ostatní probandi patřili do normální hmotnosti.



Graf č. 3: Hodnoty BMI kategorie U18

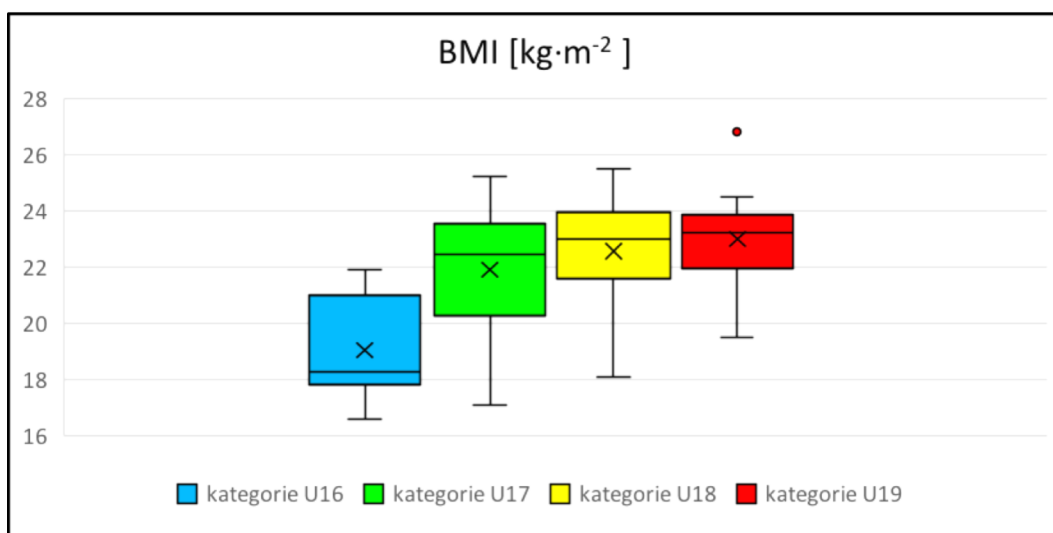
Graf č. 4 znázorňuje výsledky BMI nejpočetnější testované kategorie. Testováno bylo v kategorii U19 dohromady 22 fotbalistů, jejichž průměr hodnot BMI činil  $22,99 \pm 1,48 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Kromě fotbalisty č. 2 náležel zbytek týmu do kategorie „normální hmotnost“. Fotbalista č. 2 měl v době testování úroveň BMI  $26,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  a spadl do

kategorie „nadváha“. U fotbalisty č. 6 jsme zjistili nejmenší hodnotu BMI z týmu, která byla  $19,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .



Graf č. 4: Hodnoty BMI kategorií U19

Graf č. 5 znázorňuje hodnoty BMI všech fotbalistů z jednotlivých kategorií a porovnává výsledky mezi sebou. Z grafu je patrné, že nejvyššího průměru dosahovala kategorie U19, přičemž nejmenší průměr měla kategorie U16. V kategorii U16 také nalezneme probanda s nejmenší hodnotou ze všech testovaných, která je  $16,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  a byla změřena u fotbalisty č. 12. Absolutně nejvyšší hodnotu měl fotbalista č. 2 z kategorie U19, u kterého jsme zjistili hodnotu BMI na  $26,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Průměrná hodnota výsledků ze všech změřených probandů činí  $21,56 \pm 2,46 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .



Graf č. 5: Porovnání hodnot BMI všech kategorií

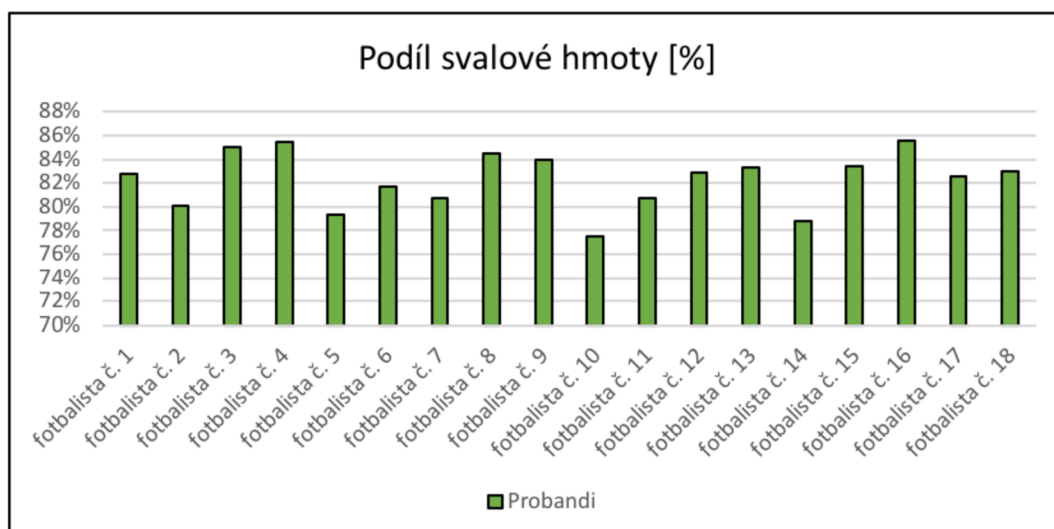
## 5.2 Svalová hmota

Úroveň jednotlivých výsledků jsme stanovili podle výsledného protokolu, který byl zkompletován za pomoci přístroje Tanita BC-418. Norma pro podíl svalové hmoty vychází následovně:

Tabulka č. 9: Norma pro podíl svalové hmoty

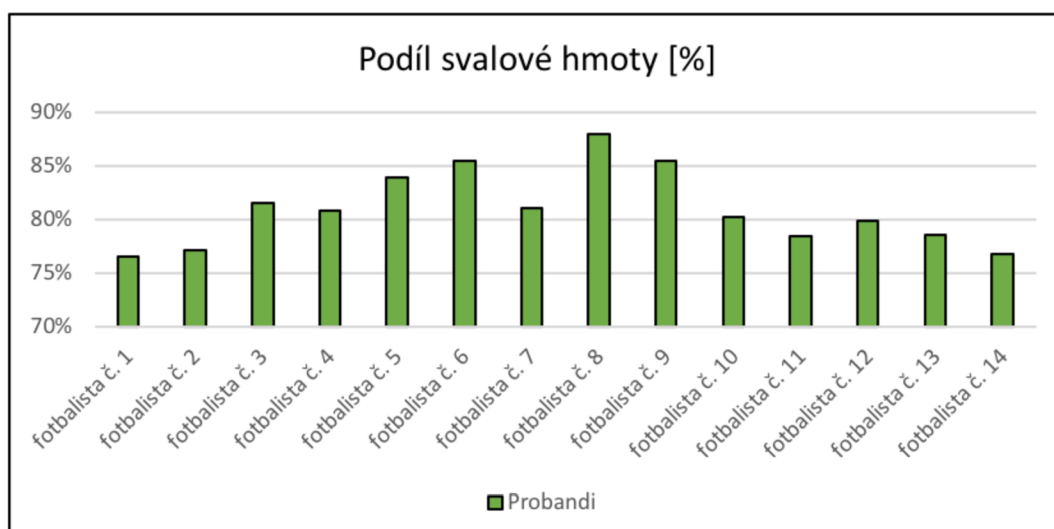
|        |            |            |         |
|--------|------------|------------|---------|
| < 72 % | 72–75,99 % | 76–85,99 % | ≥ 86 %  |
| nízký  | snížený    | dobrý      | zvýšený |

Níže na grafu č. 6 můžeme spatřit výsledky podílu svalové hmoty v kategorii do 16 let. Podíl svalové hmoty se pohybovala na hodnotách  $82,29 \pm 2,29$  %. Nejvýše naměřená hodnota byla u fotbalisty č. 16, který měl podíl svalové hmoty na úrovni 85,6 %. Nejmenší naměřená hodnota byla 77,5 % a tu měl fotbalista č. 10.



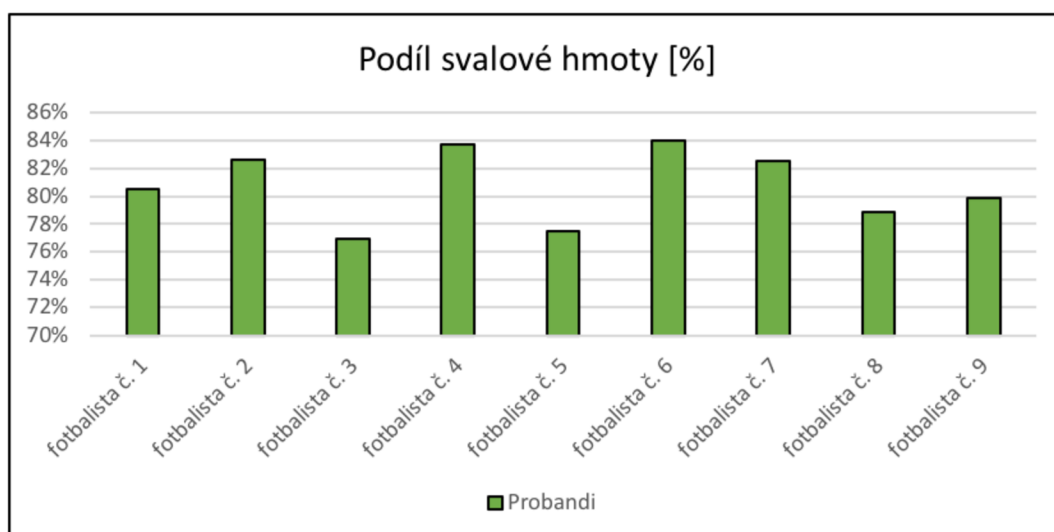
Graf č. 6: Hodnoty podílu svalové hmoty kategorie U16

Graf č. 7 ukazuje výsledky podílu svalové hmoty u fotbalistů působících v kategorii U17. U kategorie U17 byl změřený průměrný podíl svalové hmoty na hodnotu  $81,03 \pm 3,43$  %. Nejvyšší zaznamenaná hodnota byla 88 %, kterou měl fotbalista č. 8. Nejmenší procentuální podíl, co se svalové hmoty týče, měl fotbalista č. 1, který v době měření měl 76,5 %.



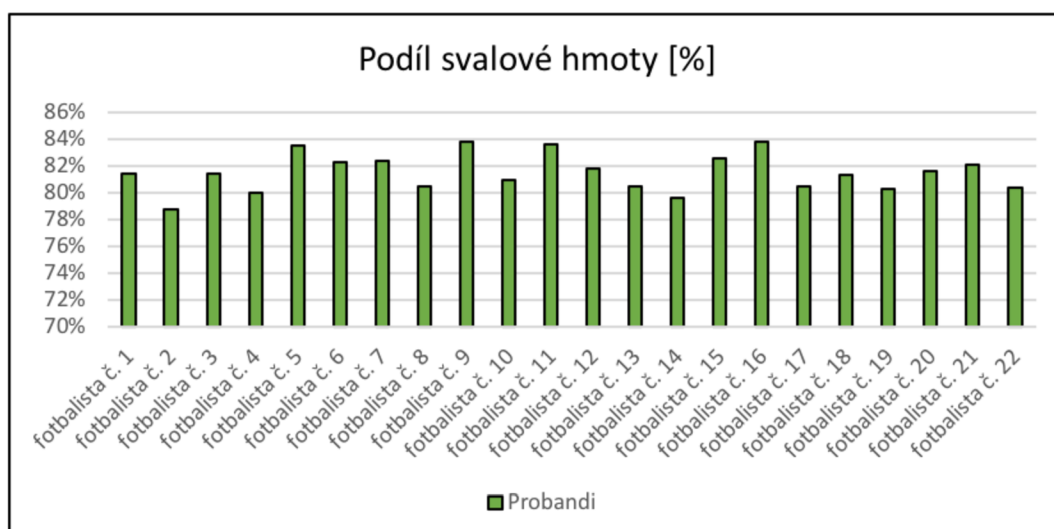
**Graf č. 7: Hodnoty podílu svalové hmoty kategorie U17**

Pomocí grafu č. 8 lze vidět konkrétní výsledky podílu svalové hmoty v kategorii U18. Podíl svalové hmoty v kategorii U18 byl zjištěn na hodnotu  $80,72 \pm 2,48\%$ . Nejvyšší podíl svalové hmoty jsme našli u fotbalisty č. 6, který disponoval 84 %. U fotbalisty č. 3 jsme našli nejnižší podíl svalové hmoty, který byl 76,9 %.



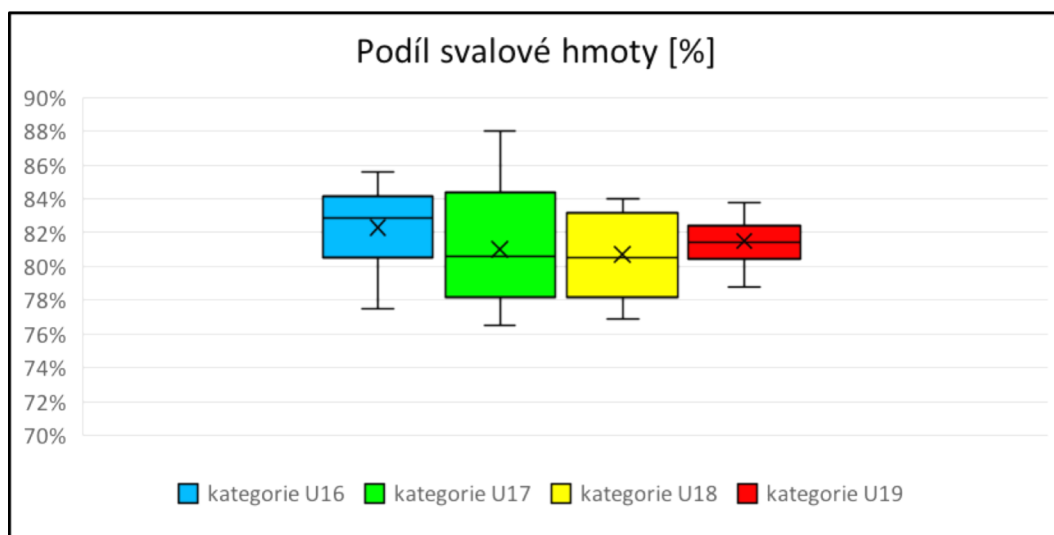
**Graf č. 8: Hodnoty podílu svalové hmoty kategorie U18**

Graf č. 9 představuje výsledky podílu svalové hmoty u kategorie U19. U dorostenců v kategorii U19 jsme zjistili, že aritmetický průměr byl  $81,51 \pm 1,37\%$ . Nejvyšší hodnota byla zjištěna u fotbalistů č. 9 a 16, kteří měli shodných 83,8 %. Nejnižšího podílu svalové hmoty dosáhl fotbalista č. 2 s hodnotou 78,8 %.



Graf č. 9: Hodnoty svalové hmoty kategorie U19

Z grafu č. 10 můžeme vypočítat výsledky podílu svalové hmoty všech kategorií. Lze vidět, že největší podíl svalové hmoty nalezneme v nejmladší kategorii čili U16, kde je ze všech kategorií průměr největší. V kategorii U18 se nachází fotbalisté s nejmenším množstvím podílu svalové hmoty, a jejich průměr je nejmenší. Fotbalista č. 1 z kategorie U17 měl v době měření nejmenší podíl svalové hmoty ze všech probandů, která byla 76,5 % kg. Absolutně nejvyšší hodnotu měl fotbalista č. 8 taktéž z kategorie U17, kde jsme zjistili, že jeho tělo se skládá z 88 % svalovou hmotou. Výsledný průměr všech kategorií nám udává hodnotu  $81,51 \pm 2,44$  %.



Graf č. 10: Porovnání hodnot podílu svalové hmoty všech kategorií

### 5.3 Podíl tukové hmoty

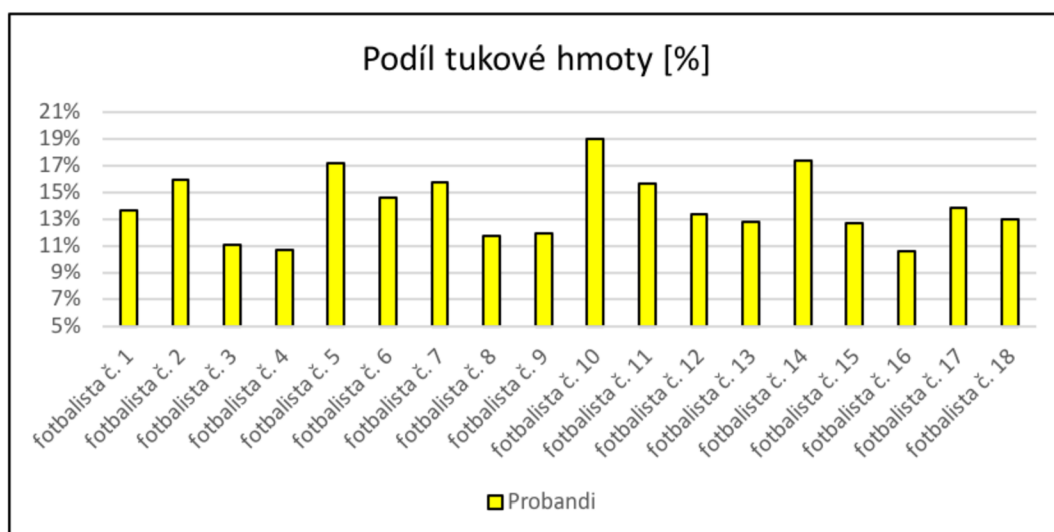
Z měření tělesného složení pomocí přístroje Tanita BC-418 a následného protokolu vycházejícího z něj jsme sestavili normovou tabulku pro podíl tukové hmoty, která má následující podobu:



Tabulka č. 10: Norma pro podíl tukové hmoty

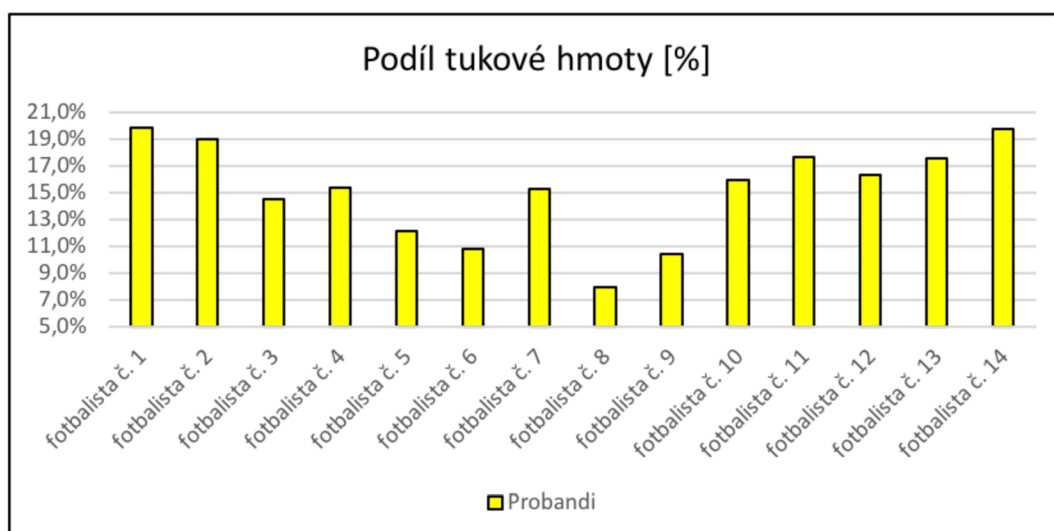
| < 10 %  | 10–19,99 % | 20–23,99 % | ≥ 24 % |
|---------|------------|------------|--------|
| snížený | dobrý      | zvýšený    | vysoký |

Na grafu č. 11 jsou znázorněny výsledné hodnoty tukové hmoty u kategorie U16. V kategorii U16 byla při měření zjištěna průměrná hodnota podílu tukové hmoty na  $13,97 \pm 2,38$  %. Co se do podílu na hmotnosti týče, fotbalista č. 10 disponoval nejvyšší naměřenou hodnotou, a tou bylo 19 %. U fotbalisty č. 16 si lze všimnout, že dosahoval nejmenší hodnoty, a to 10,7 %.



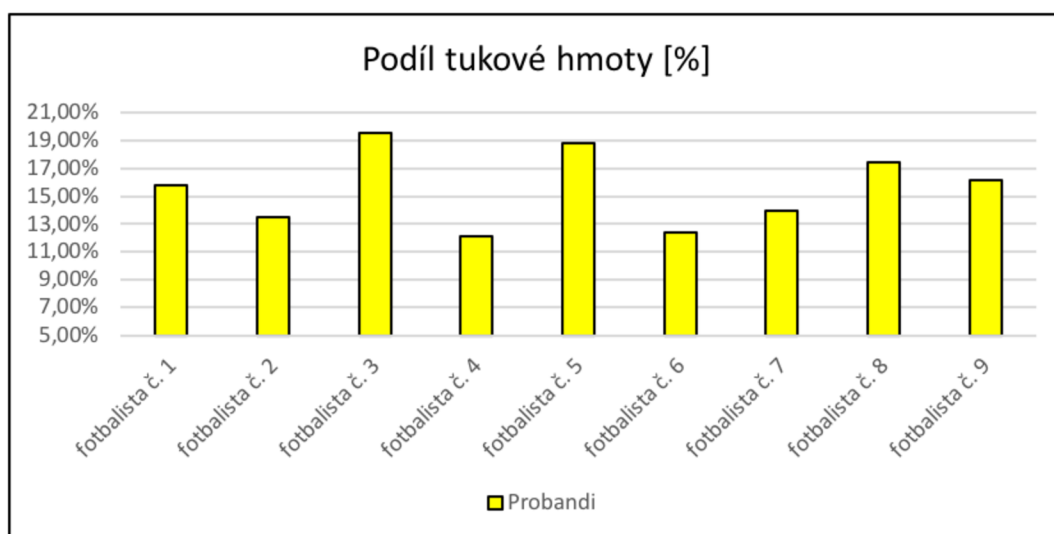
Graf č. 11: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U16

Graf č. 12 ukazuje dílčí výsledky podílu tukové hmoty probandů z kategorie U17. V kategorii U17 bylo rozpětí tukové hmoty od 7,9 %, což zároveň byla nejnižší hodnota u fotbalisty č. 8, to 19,9 %, která byla jako nejvyšší hodnota změřena fotbalistovi č. 1. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou činil 12,1 %. Průměrnou hodnotu podílu tukové hmoty jsme vypočítali na  $15,2 \pm 3,57$  %.



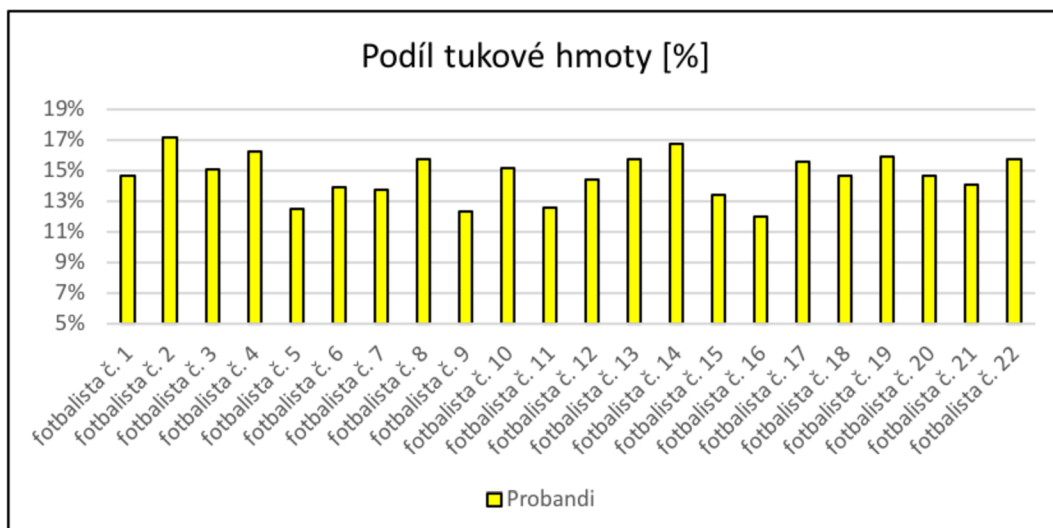
**Graf č. 12: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U17**

Na grafu č. 13 lze spatřit výsledky podílu tukové hmoty u kategorie U18. Co se nejmenšího podílu týče, ten byl dosažen fotbalistou č. 4, kterému bylo naměřeno 12,1 %. Nejvyšší hodnota byla 19,6 %, a patřila fotbalistovi č. 3. Průměr hodnot byl  $15,53 \pm 2,57$  %.



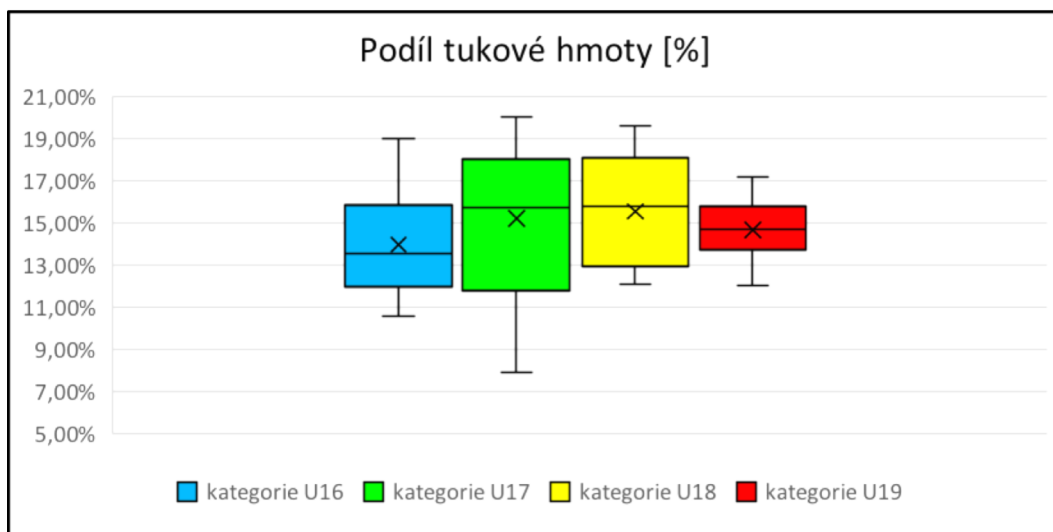
**Graf č. 13: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U18**

Graf č. 14 představuje výsledné hodnoty podílu tukové hmoty, které byly změřeny u kategorie U19. Podobně jako u podílu svalové hmoty, kde nejlepších výsledků dosáhli fotbalisté č. 9 a 16, měli i nejlepší hodnoty u podílu tukové hmoty. O něco méně měl fotbalista č. 16, který měl v době měření 12 % tukové hmoty, tedy o 0,3 % méně než fotbalista č. 9. Na opačném konci se nacházel fotbalista č. 2, který měl s hodnotou 17,2 % největší podíl tukové hmoty z celého týmu. Ze všech výsledků jsme stanovili průměr na  $14,66 \pm 1,44$  %.



Graf č. 14: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U19

Graf č. 15 porovnává výsledky všech probandů v rámci podílu tukové hmoty. Nejvyšší podíl tukové hmoty jsme změřili u fotbalisty č. 1 v kategorii U17, jehož tělo se skládá z 19,9 % tuky. Nejvyššího aritmetického průměru však dosahovala kategorie U18. Nejmenší hodnotu podílu tukové hmoty jsme naměřili u fotbalisty č. 8, působící v kategorii U17, a to 7,9 %. Z výsledků všech 63 fotbalistů jsme vypočítali, že aritmetický průměr se rovná  $14,71 \pm 2,53$  %.



Graf č. 15: Porovnání hodnot podílu tukové hmoty všech kategorií

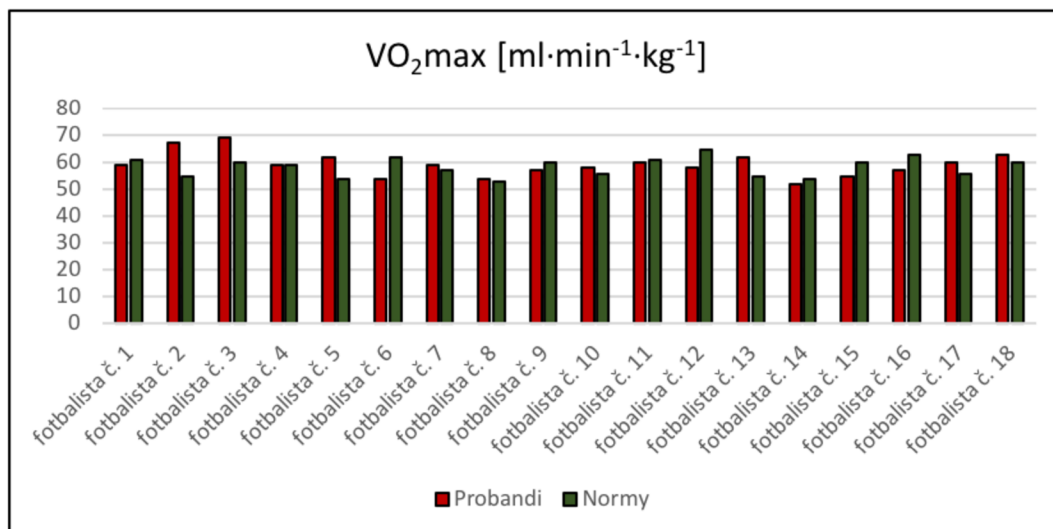
## 6 Výsledky ventilačních parametrů

### 6.1 VO<sub>2</sub>max

První ventilační hodnotou, kterou jsme zkoumali, a zároveň nejdůležitějším parametrem pro hodnocení výkonnosti, byl/a pro nás maximální spotřeba/příjem kyslíku.

Na grafech níže jsou znázorněny výsledky naměřené u jednotlivých kategorií a jejich porovnání. Norma byla u jednotlivých probandů individuální, proto byla taktéž znázorněna v grafu.

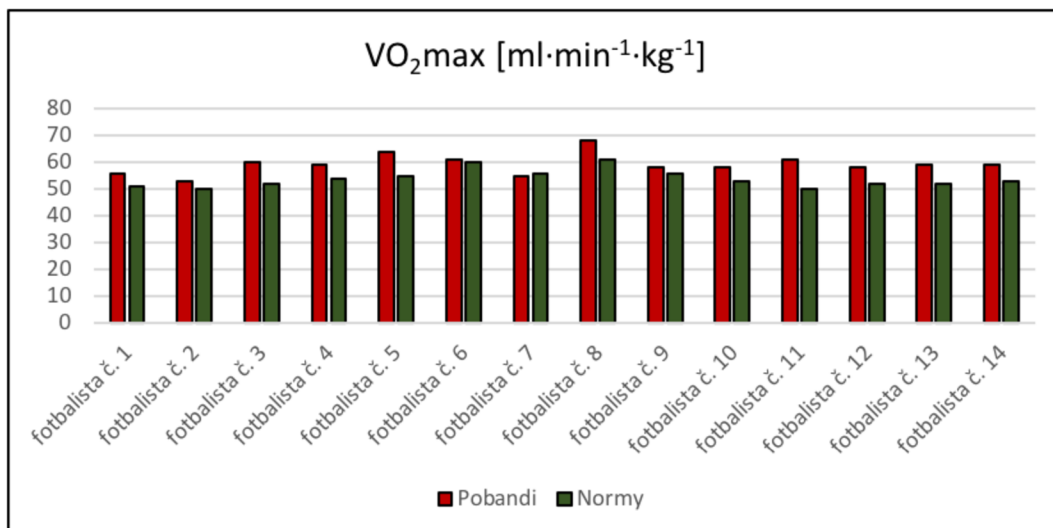
Z grafu č. 16 lze vyčíst jednotlivé výsledky parametru VO<sub>2</sub>max, zjištěny u kategorie U16. Maximální spotřeba/příjem kyslíku byl/a u všech probandů z kategorie U16 podle přístroje Cortex MetaLyzér 3B v dobrém a vynikajícím stavu. Hodnota 69 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup> byla ze všech hodnot probandů nejvyšší, kterou dosáhl fotbalista č. 3. Fotbalista č. 14 měl hodnotu VO<sub>2</sub>max nejnižší, a to 52 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Průměr byl zaznamenán na hodnotu 59,17 ± 4,25 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Norma VO<sub>2</sub>max pro kategorii U16 z protokolu vycházela v aritmetickém průměru na 58,24 ± 3,42 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Probandi tedy dosáhli o 1,6 % vyšších hodnot.



Graf č. 16: Hodnoty VO<sub>2</sub>max kategorie U16

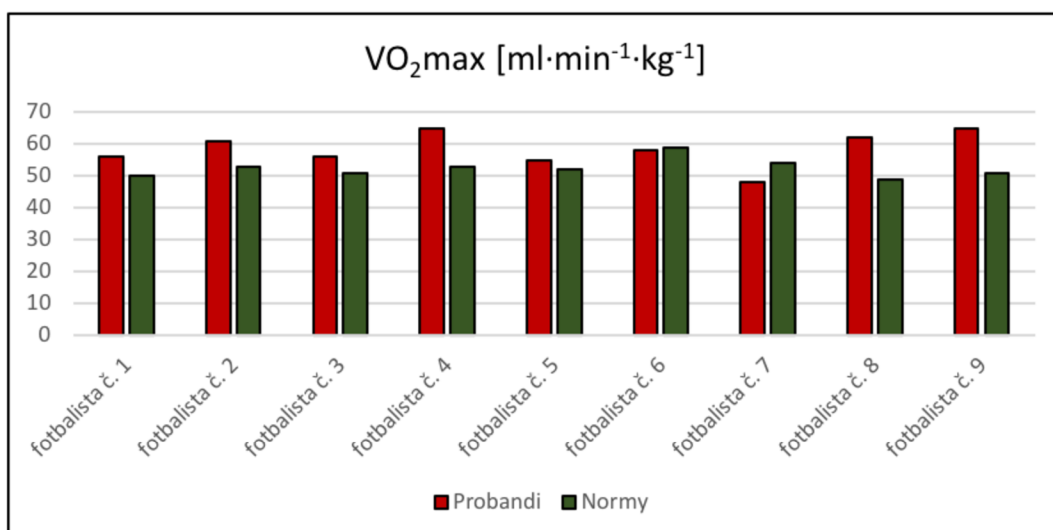
Na grafu č. 17 níže lze spatřit výsledky VO<sub>2</sub>max fotbalistů kategorie U17. Všichni fotbalisté z kategorie U17 se dostali do kategorie „dobrý“ a výše. Celkem 5 jedinců ze 14 se dostali do škály „vynikající“. Nejvyšší hodnota byla změřena u fotbalisty č. 2, který měl 53 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnota VO<sub>2</sub>max byla zjištěna u fotbalisty č. 8, který byl schopen využívat 68 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. V průměru kategorie dosáhla výsledku 59,21 ± 3,57

ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Pro tuto kategorii byla norma stanovena na průměrných 53,93 ± 3,26 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Fotbalisté této kategorie přesáhli normu o 8,36 %.



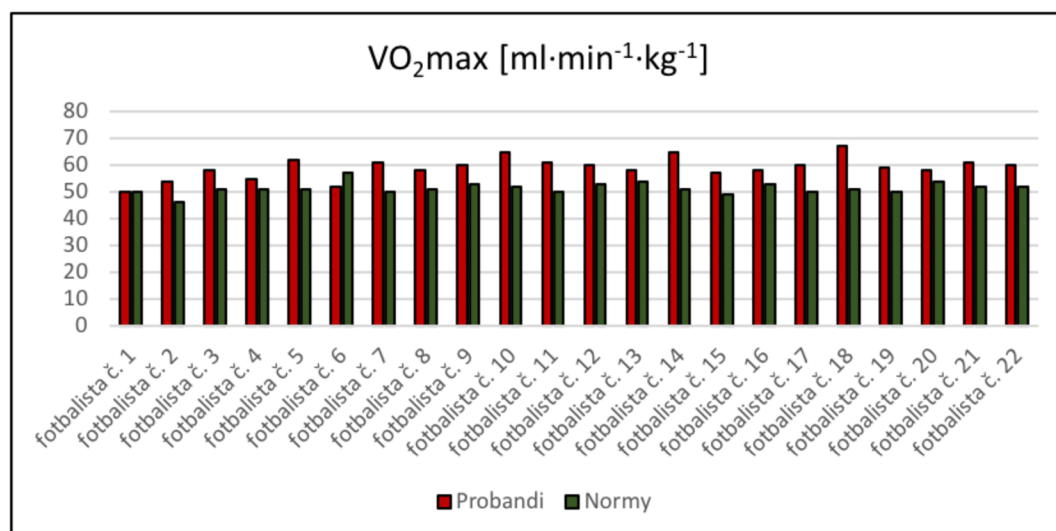
Graf č. 17: Hodnoty VO<sub>2</sub>max kategorie U17

Graf č. 18 znázorňuje výsledné hodnoty VO<sub>2</sub>max, kterými disponovali hráči kategorie U18. Fotbalista č. 7 z kategorie U18 se jako jediný nenacházel v kategorii „přiměřený“. Celkem 4 jedinci se zařadili se svým výsledkem do kategorie „dobrý“, konkrétně fotbalista č. 1, 3, 5 a 6. Zbylí 4 jedinci, fotbalista č. 2, 4, 8 a 9, dosáhli vynikajících výsledků, když překonali vymezenou hranici. Nejvýše však dosáhl fotbalista č. 4 společně s fotbalistkou č. 9, kteří měli shodný výsledek 65 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Nejmenší maximální spotřebu kyslíku měl fotbalista č. 7, který dokázal využívat 48 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Průměr byl určen na 58,44 ± 5,15 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Výsledná norma byla vypočtena na průměrných 52,44 ± 2,75 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>, a tudíž byla převyšena o 12,6 %.



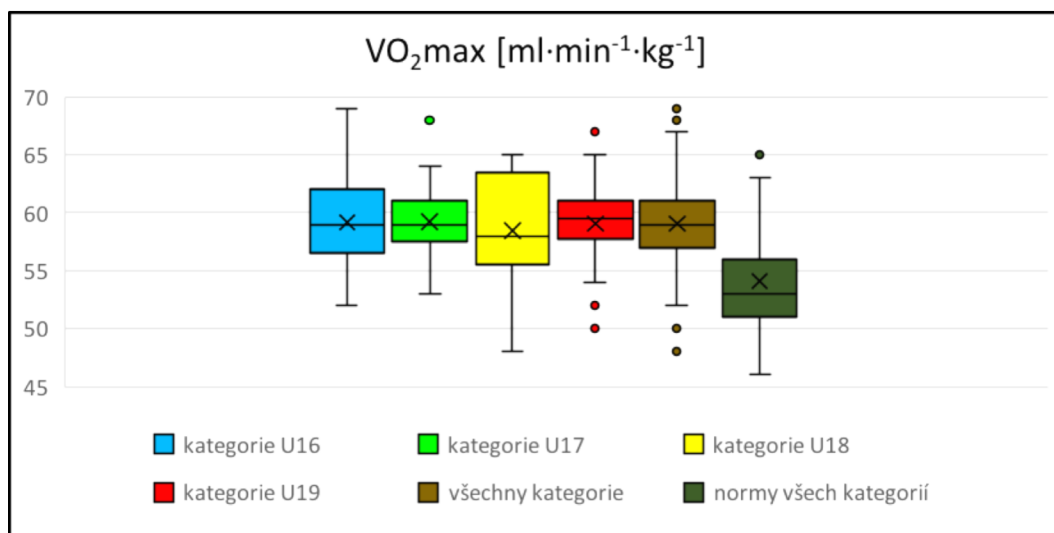
Graf č. 18: Hodnoty VO<sub>2</sub>max kategorie U18

Graf č. 19, na kterém lze vidět výsledky kategorie U19, poukazuje na jednotlivé hodnoty parametru  $VO_2\max$ . Z výsledků lze vidět, že všichni probandi skončili v kategorii „dobrý“ a „vynikající“. Nejmenší zjištěná hodnota byla u fotbalisty č. 1, který se pohyboval na hraně mezi „přiměřeným“ a „dobrým“ s hodnotou  $50 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Fotbalisté č. 2, 3, 4, 6, 8, 13, 15, 16, 19 a 20 společně s ním spadali do kategorie „dobrý“. Ostatní probandi, konkrétně 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 21 a 22, se zařadili do kategorie „vynikající“. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo fotbalistou č. 18, kde byla změřena hodnota  $67 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Výsledný průměr ukazoval hodnotu  $59,05 \pm 3,94 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Norma zde značila průměrnou hodnotu  $51,41 \pm 2,13 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Fotbalistům této kategorie byly naměřeny výsledky, které převyšovaly stanovenou normu o 14,86 %.



Graf č. 19: Hodnoty  $VO_2\max$  kategorie U19

V grafu č. 20 můžeme vidět, jak jedinci z dorosteneckých kategorií dopadli v parametru  $VO_2\max$ . Nejlépe dopadl fotbalista č. 3 z kategorie U16. Ten dokázal využívat  $69 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejnižší hodnota byla zjištěna u fotbalisty č. 7 v kategorii U18. Ten zvládl využívat  $48 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Průměrné hodnoty  $VO_2\max$  si byli velmi blízké, avšak kategorie U17 těsně dopadla ze všech nejlépe. Výsledek aritmetického průměru všech kategorií je  $59,03 \pm 4,15 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Ten převyšuje průměrnou hodnotu normy o 9,1 %, která činí  $54,11 \pm 4,06 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Rozdíl hodnot  $VO_2\max$  mezi všemi fotbalisty a jejich normami je věcně ( $d=1,67$ ) i statisticky ( $p<0,05$ ) významný.

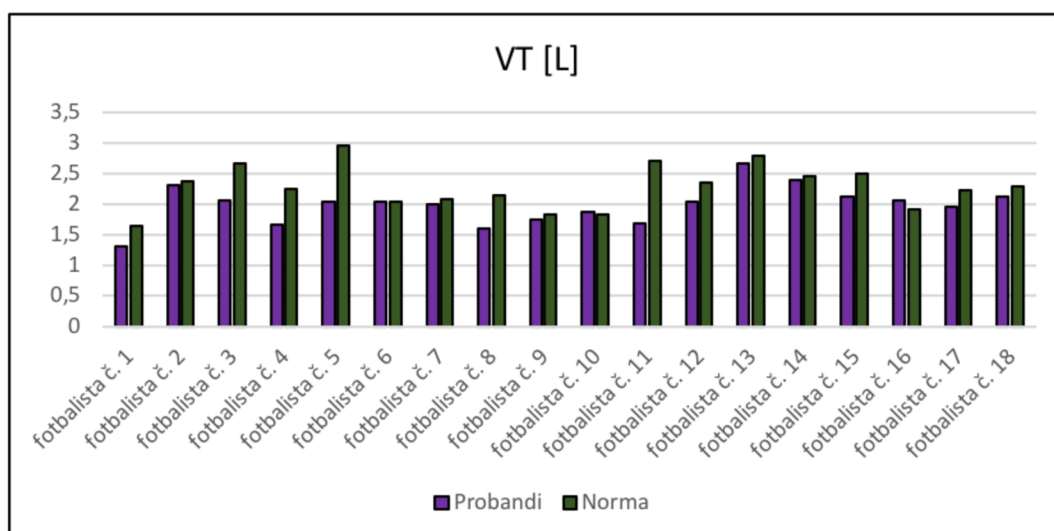


Graf č. 20: Porovnání hodnot VO<sub>2</sub>max všech kategorií s průměrnou normou

## 6.2 Dechový objem

Norma nebyla ve výsledném protokolu určena a u každého probanda byla individuální. Z toho důvodu jako normu stanovíme 50 % vitální kapacity určenou ve výsledném protokolu, které se dosahuje při namáhavém výkonu (Bartůňková, 2013).

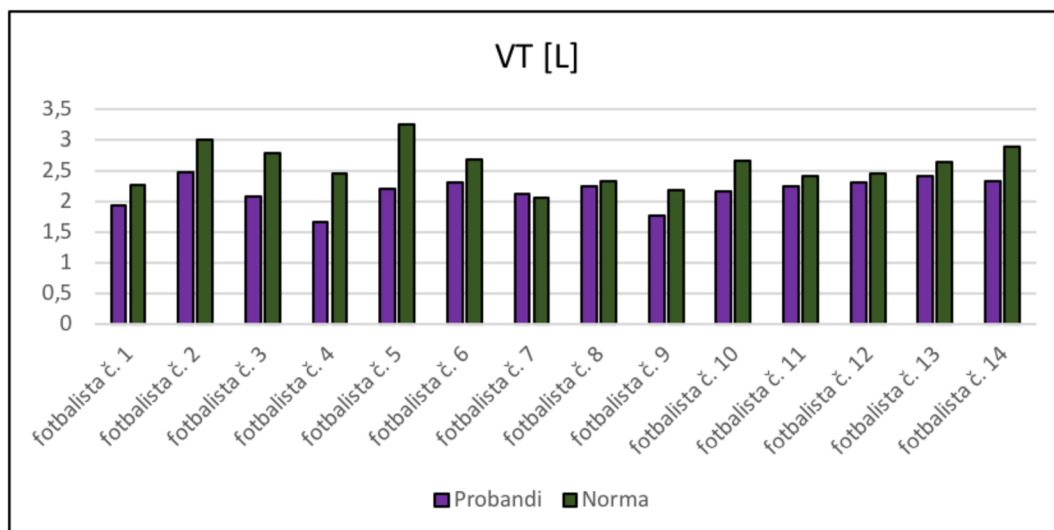
Na grafu č. 21 si lze všimnout výsledků dechového objemu, zjištěny u kategorie U16. V průměru se dosahovalo hodnoty  $1,99 \pm 0,31$  L. Nejnižší naměřená hodnota 1,31 L byla u fotbalisty č. 1, přičemž fotbalista č. 13 s hodnotou 2,68 L dosahoval nejvyšší hodnoty ze své kategorie. Norma byla stanovena na hodnotu  $2,29 \pm 0,35$  L, tudíž byla vyšší než průměrné výsledky o 13,1 %.



Graf č. 21: Hodnoty VT kategorie U16

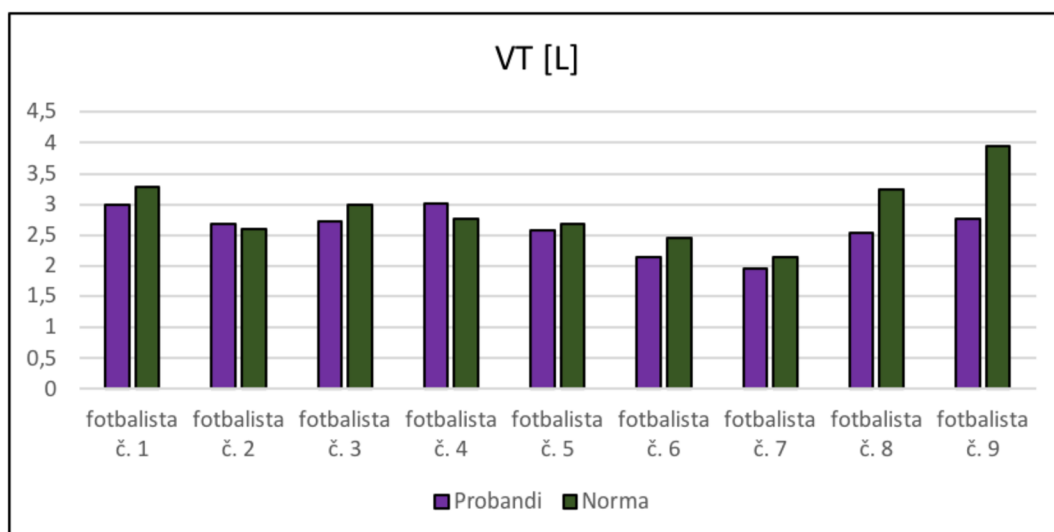
Výsledky z grafu č. 22 poukazují na výsledné hodnoty dechového objemu fotbalistů kategorie U17. Výsledná hodnota se u dechového objemu v kategorii U17 pohyboval v rozmezí 1,6–2,5 L. S největší hodnotou byl změřen fotbalista č. 2, který

dosáhl hranice 2,48 L. Nejmenší naměřený objem byl zjištěn u fotbalisty č. 4. Jeho výsledek byl na úrovni 1,67 L. Vypočítaná průměrná hodnota VT byla  $2,17 \pm 0,22$  L, přičemž průměrná hodnota normy byla vypočtena na  $2,59 \pm 0,32$  L. Norma byla o 16,22 % vyšší než výsledky probandů.



**Graf č. 22: Hodnoty VT kategorie U17**

Graf č. 23 znázorňuje hodnoty dechového objemu, které jsme změřili u kategorie U18. Dechový objem se v kategorii U18 pohyboval od nejnižší hodnoty 1,96 L, naměřené u fotbalisty č. 7, do nejvyšší hodnoty 3,01, která byla zjištěna u fotbalisty č. 4. Fotbalista č. 1 měl pouze o 0,01 L méně. Z těchto všech hodnot vypočítali aritmetický průměr, který byl stanoven na  $2,6 \pm 0,33$  L. Aritmetický průměr normy vycházel  $2,91 \pm 0,5$  L, tedy v kategorii U18 se nedosáhlo na normu o 10,65 %.

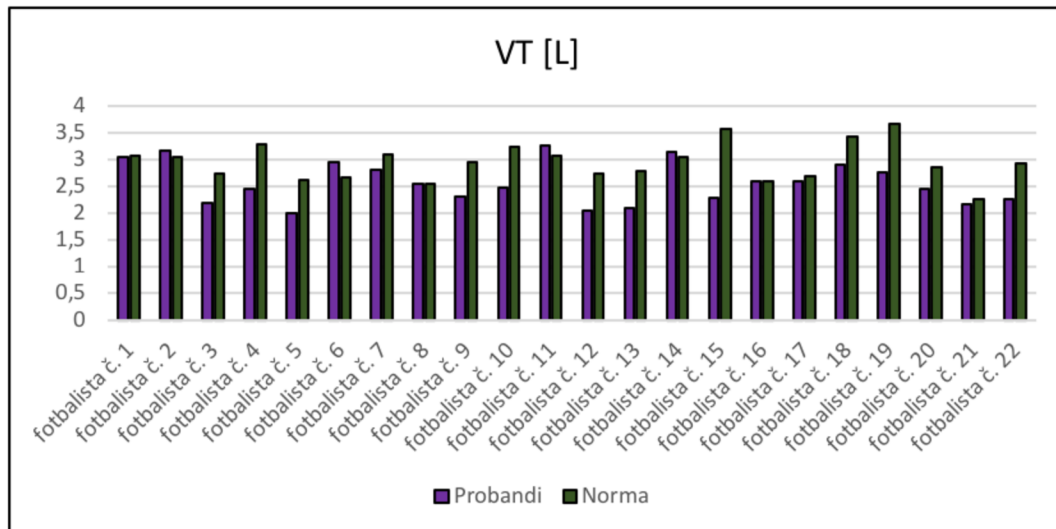


**Graf č. 23: Hodnoty VT kategorie U18**

Pomocí grafu č. 24 můžeme vidět, jakých výsledků dechového objemu dosahoval jednotlivý fotbalista kategorie U19. Z výsledků v kategorii U19 si můžeme všimnout, že

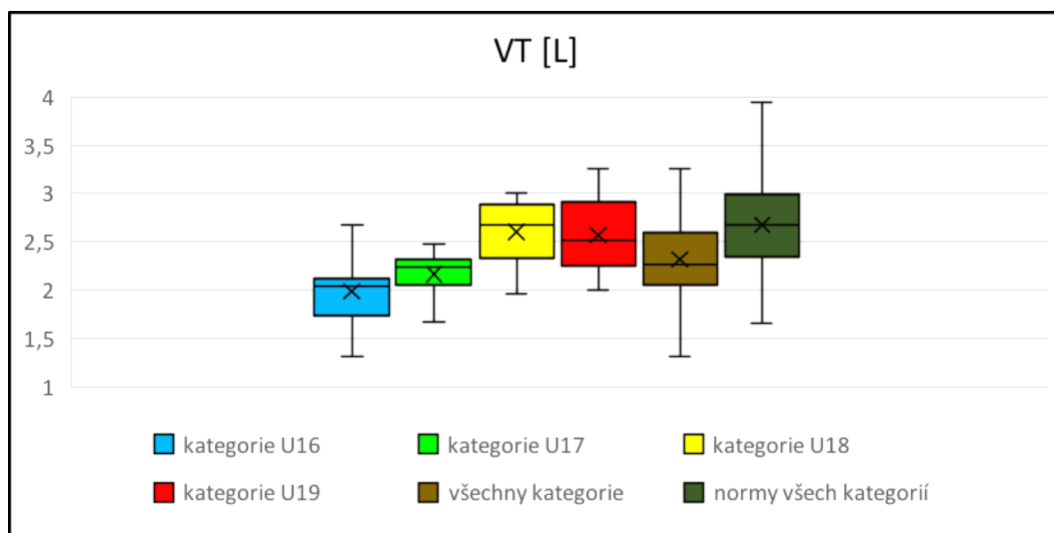


nejvýše dosažená hodnota byla u fotbalisty č. 11, kterému jsme naměřili 3,26 L. Pouze o 0,08 L měl fotbalista č. 2 méně. Nejnižší hodnotu lze nalézt u fotbalisty č. 5, který měl dechový objem na úrovni 2 L. Aritmetický průměr z těchto výsledků vychází na  $2,57 \pm 0,38$  L. Výsledný průměr normy poukazuje na hodnotu  $2,96 \pm 0,34$  L. a je tedy o 13,17 % vyšší.



Graf č. 24: Hodnoty VT kategorie U19

Graf č. 25 vyhodnotil výsledky dechového objemu všech kategorií. U dechové ventilace měla kategorie U18 nejvyšší průměrné hodnoty. Nejvyšší hodnotu jsme změřili však u fotbalisty č. 11 z kategorie U19. V kategorii U16 se nacházel jedinec s nejmenší hodnotou dechového objemu. Byl jím fotbalista č. 1. Všechny 63 výsledků nám pomohlo z vypočítání aritmetického průměru, který je  $2,32$  L, se směrodatnou odchylkou  $0,42$  L. Co se týče aritmetického průměru normy všech kategorií, vychází na  $2,68 \pm 0,46$  L. Průměrná norma převyšuje průměrné výsledky všech fotbalistů o 13,43 %. Rozdíl hodnot u dechového objemu v rámci všech dorosteneckých kategorií a jejich norem byl věcně ( $d=-0,81$ ) a statisticky ( $p<0,05$ ) významný.

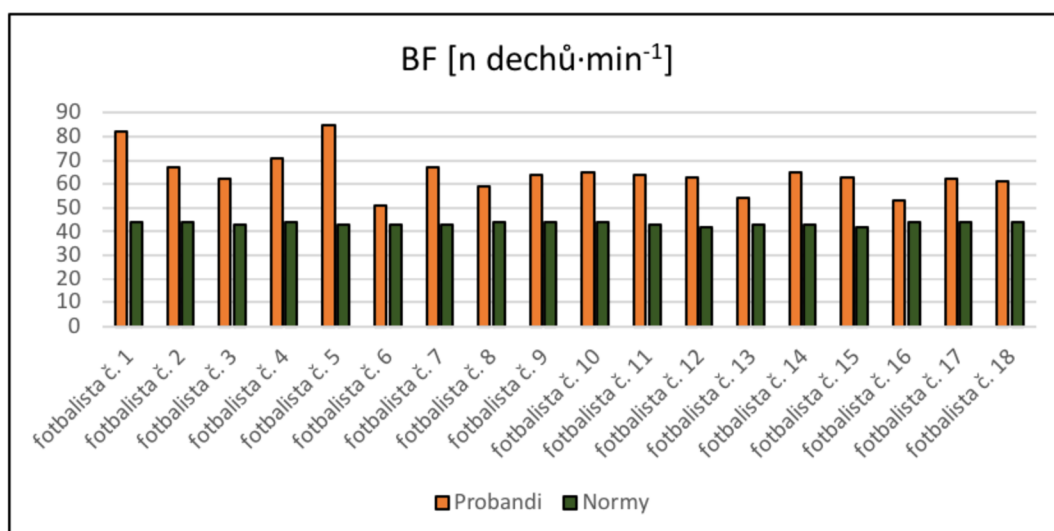


Graf č. 25: Porovnání hodnot VT všech kategorií s průměrnou normou

### 6.3 Dechová frekvence

Norma byla u jednotlivých probandů individuální, proto byla taktéž znázorněna v grafu.

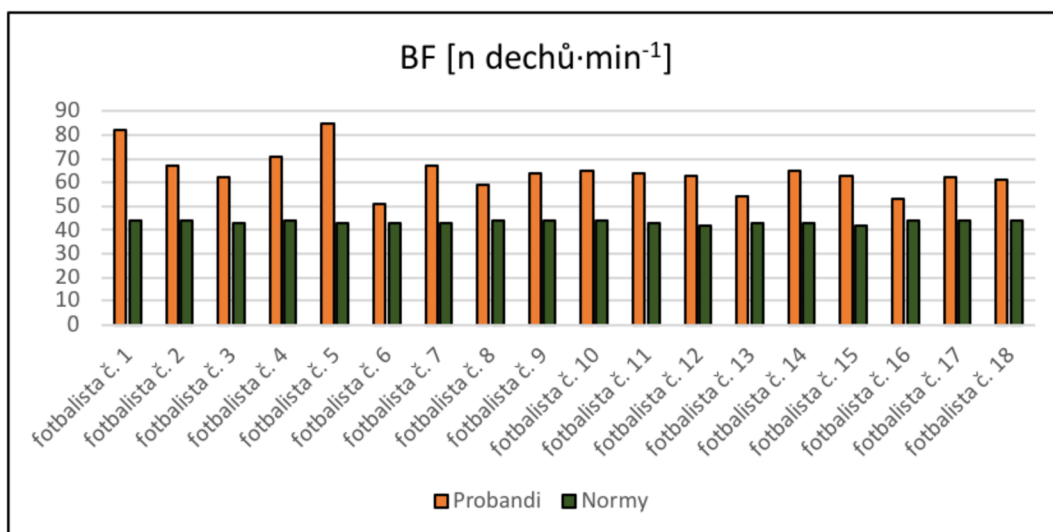
Graf č. 26 znázorňuje počet dechů za minutu u jednotlivých fotbalistů kategorie U16. Aritmetický průměr dechové frekvence u kategorie U16 byl  $64,33 \pm 8,39$  dechů·min<sup>-1</sup>. 85 dechů·min<sup>-1</sup> byla nejvyšší naměřená hodnota. Ta byla dosažena fotbalistou č. 5. S frekvencí 51 dechů·min<sup>-1</sup> dosáhl fotbalista č. 6 nejnižší naměřené hodnoty ze své kategorie. Norma se pohybovala v průměru na hodnotě  $43,39 \pm 0,68$  dechů·min<sup>-1</sup> a byla převyšena o 48,26 %.



Graf č. 26: Hodnoty BF kategorie U16

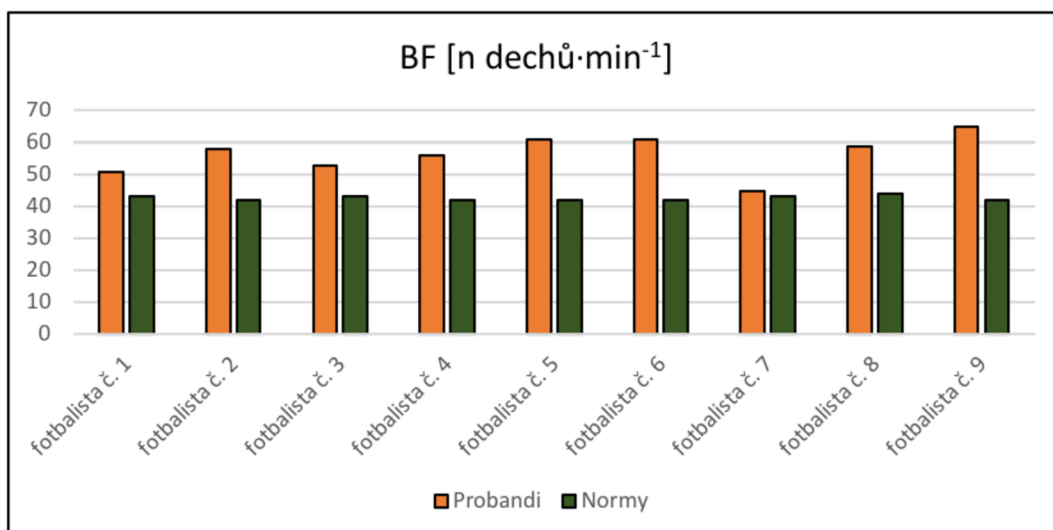
Graf č. 27 vyobrazuje výsledky fotbalistů kategorie U17 u parametru dechové frekvence. Z výpočtu BF jsme zjistili, že se průměrná hodnota stanovila na  $65,07 \pm 7,29$  dechů·min<sup>-1</sup>. Fotbalista č. 10 měl frekvenci dechu nejvyšší hodnoty, kdy byl schopen za

minutu využít 82 nádechů. Fotbalista č. 6 využil o 31 nádechů méně než jeho kolega, a dosáhl s počtem 52 dechů·min<sup>-1</sup> nejmenší hodnoty. Norma pro tuto kategorii byla 43,14 ± 0,83 dechů·min<sup>-1</sup>, přičemž došlo k přesažení o 50,83 %.



Graf č. 27: Hodnoty BF kategorie U17

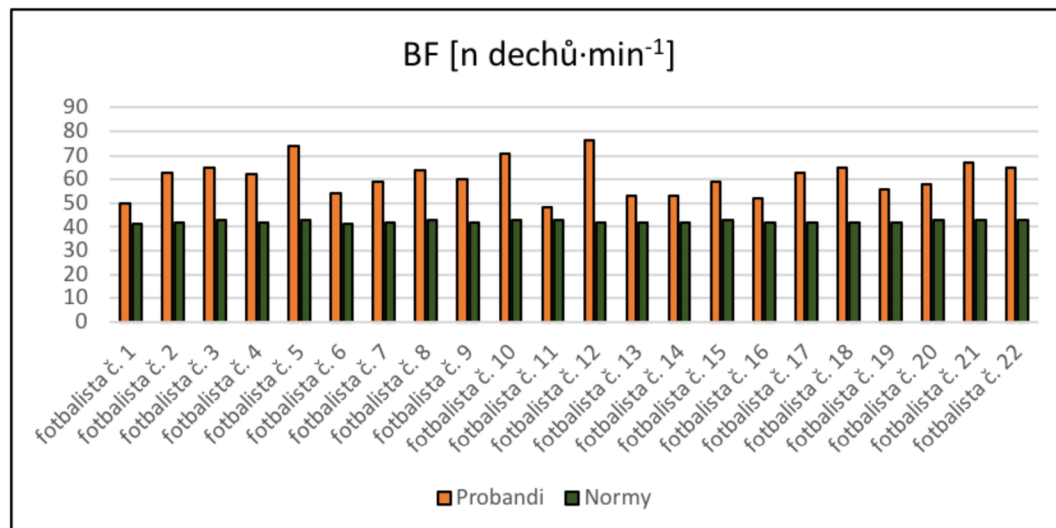
V grafu č. 28 jsou znázorněny výsledné hodnoty dechové frekvence u kategorie U18. Počet dechů za minutu u kategorie U18 jsme vypočítali na číslo 56,56 ± 5,74. Z 9 probandů dosáhl nejvyšší dechové frekvence fotbalista č. 9, který využil 65 dechů·min<sup>-1</sup>. Fotbalista č. 7 využil o 20 dechů·min<sup>-1</sup> méně, a s hodnotou 45 dechů·min<sup>-1</sup> měl z celé kategorie nejmenší dechovou frekvenci. Norma vycházela na hodnotu 42,56 ± 0,69 dechů·min<sup>-1</sup> a probandi dosahovali vyšších hodnot o 32,89 %.



Graf č. 28: Hodnoty BF kategorie U18

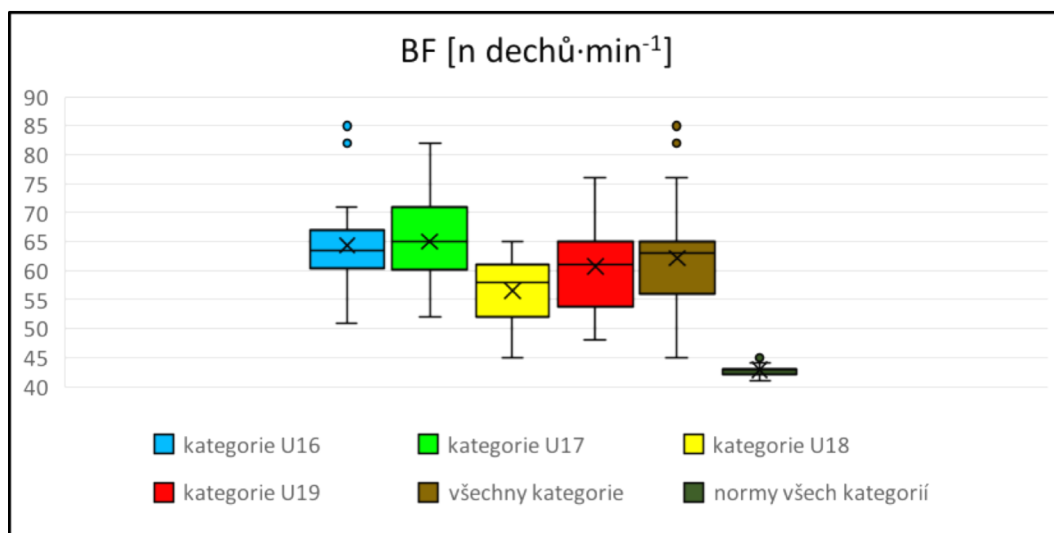
Graf č. 29 znázorňuje výsledné hodnoty parametru dechové frekvence, které byly změřeny u kategorie U19. Kategorie U19 disponovala průměrnou hodnotou 60,77 ± 7,34 dechů·min<sup>-1</sup>. Fotbalista č. 12 disponoval nejvyšší hodnotou, která byla 76

dechů·min<sup>-1</sup>. U změřeného fotbalisty č. 11 lze vidět, že jeho dechová frekvence byla ze všech nejmenší, přičemž činila 48 dechů·min<sup>-1</sup>. Průměrná hodnota normy byla stanovena na 42,32 ± 0,63 dechů·min<sup>-1</sup>. Kategorie U19 dokázala využívat o 43,6 % více dechů za minutu, než byla stanovená norma.



Graf č. 29: Hodnoty BF kategorie U19

Graf č. 30 vyhodnocuje výsledky dechové frekvence, které byly změřeny ve všech čtyřech kategoriích. Největší průměrný počet dechů použila kategorie U17. O kategorii níže si zase lze všimnout jedince s největší dechovou frekvencí ze všech testovaných. Tou byla frekvence 85 dechů za minutu, a byla dosažena fotbalistou č. 5. Nejmenší dechovou frekvencí, konkrétně 45 dechů za minutu, jsme změřili u fotbalisty č. 7 z kategorie U17. Aritmetickým průměrem všech kategorií je hodnota 62,14 ± 7,99 dechů·min<sup>-1</sup>, přičemž aritmetickým průměrem normy všech kategorií je hodnota 42,84 ± 0,84 dechů·min<sup>-1</sup>. Je tedy zřejmé, že výsledné hodnoty převyšovaly hodnoty normy o 45,05 %. Rozdíl dechové frekvence mezi hodnotami všech dorosteneckých kategorií a jejich normami je statisticky ( $p < 0,05$ ) významný. Podle Cohenova koeficientu účinku je efekt vysoký s hodnotou 3,39.

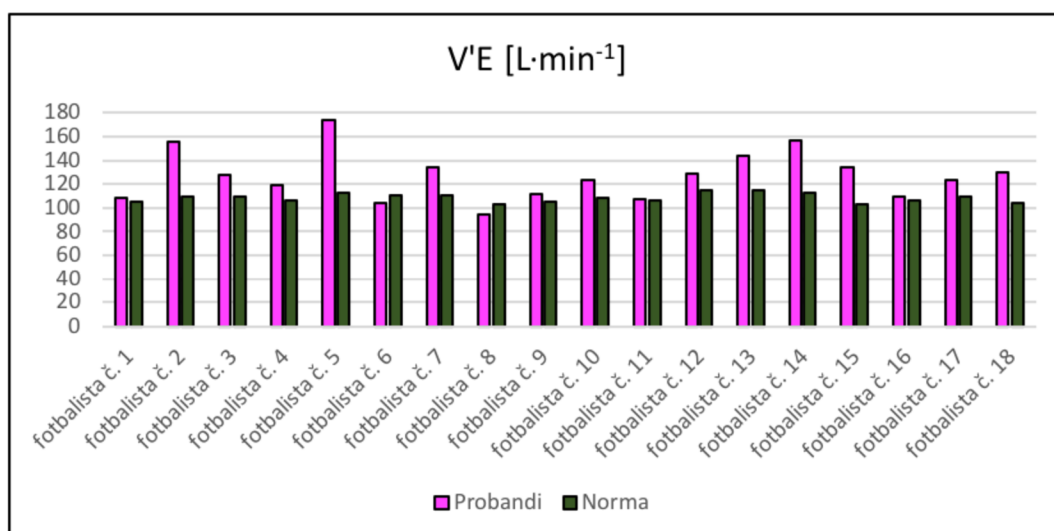


Graf č. 30: Porovnání hodnot BF všech kategorií s průměrnou normou

## 6.4 Minutová ventilace

Norma byla u jednotlivých probandů individuální, proto byla taktéž znázorněna v grafu.

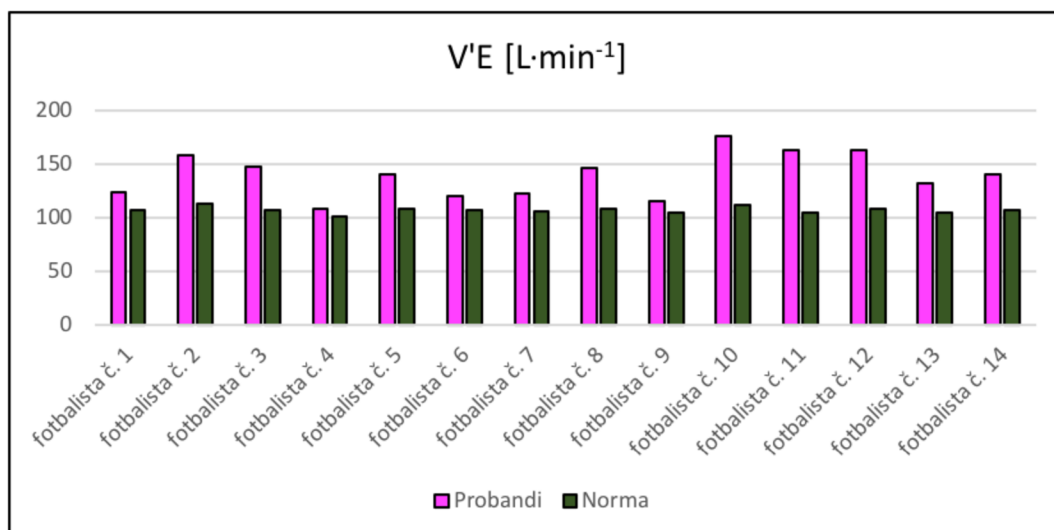
Pomocí grafu č. 31 lze vidět dílčí výsledky minutové ventilace v kategorii U16. Minutová ventilace v kategorii U16 byla změřena na průměrnou hodnotu  $126,84 \pm 20,16 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Pouze jeden proband se dostal pod hranici  $100 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , konkrétně fotbalista č. 8, který měl nejmenší naměřenou hodnotu s výsledkem  $94,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Ve své kategorii dosáhl nejvýše fotbalista č. 5, který jako jediný překročil hranici  $160 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  s hodnotou  $173,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ .



Graf č. 31: Hodnoty V'E kategorie U16

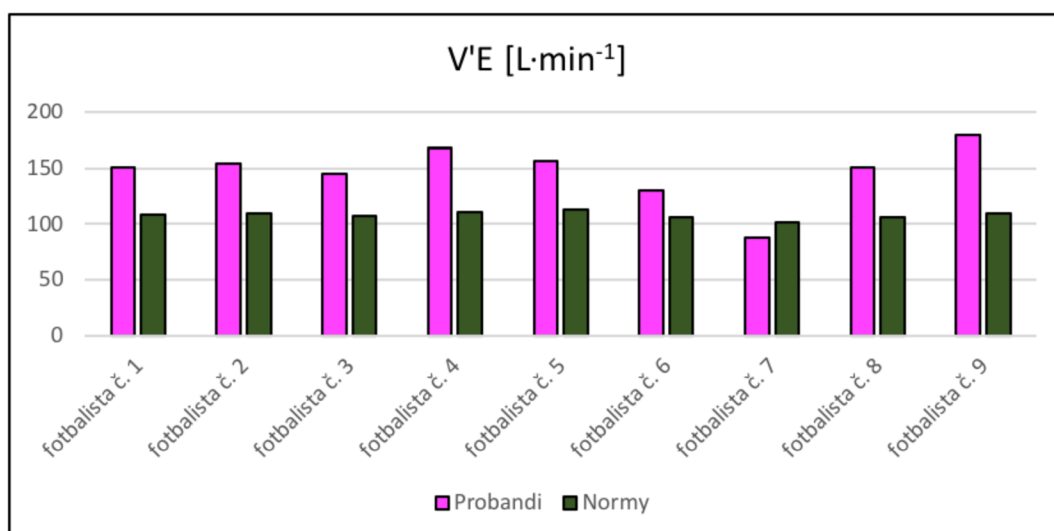
Graf č. 32 vyobrazuje minutovou ventilaci a její výsledky, změřené u kategorii U17. Průměr minutové ventilace kategorie U17 byl stanoven na  $140,14 \pm 19,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . U fotbalisty č. 10 si lze všimnout, že dosáhl na nejvyšší hodnotu ze svého týmu, která

byla  $176,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . U fotbalisty č. 4 lze vidět, že jeho naměřená hodnota  $108,9 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  byla nejmenší z týmu.



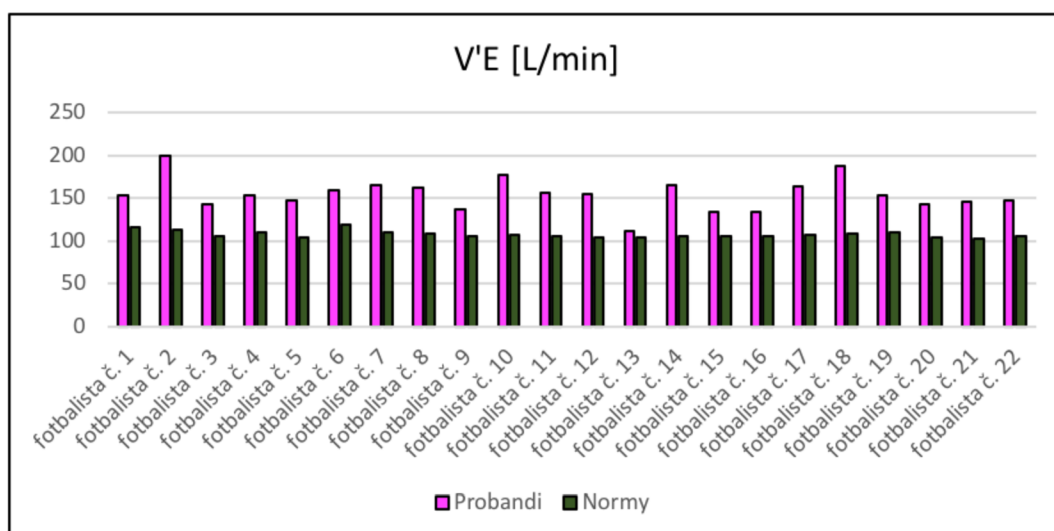
Graf č. 32: Hodnoty V'E kategorie U17

Na grafu č. 33 můžeme vidět výsledné hodnoty minutové ventilace, dosažené kategorií U18. S hodnotou  $179,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  dosáhl nejvyšší úrovně fotbalista č. 9. Jeho hodnota převyšovala průměrnou hodnotu  $147,08 \pm 24,79 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  o  $32,72 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Fotbalista č. 7 měl oproti průměru o  $59,58 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  méně, přičemž jeho hodnota  $87,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  byla z celé kategorie nejmenší.



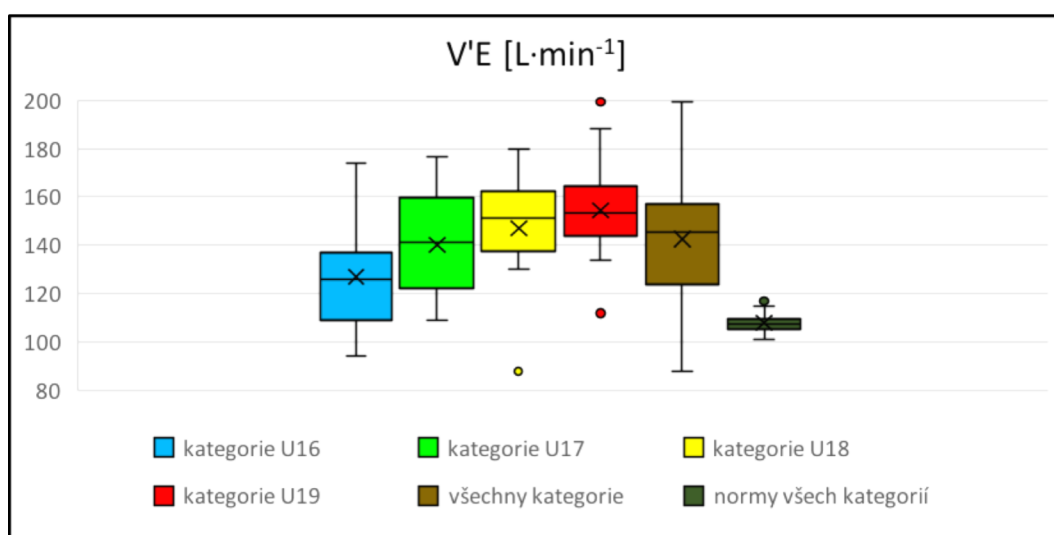
Graf č. 33: Hodnoty V'E kategorie U18

Graf č. 34 představuje výsledky minutové ventilace, které byly zjištěny u kategorie U19. Výpočet aritmetického průměru minutové ventilace v kategorii U19 se rovnal  $154,45 \pm 18,42 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . U tohoto parametru měl nejvyšší hodnotu fotbalista č. 2, jehož výsledek byl  $199,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Na opačném konci se nacházel fotbalista č. 13, kterému byla změřeno  $111,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ .



Graf č. 34: Hodnoty V'E kategorie U19

Pro porovnání minutové ventilace všech kategorií jsme využili grafu č. 35. Z grafu níže je zřejmé, že nikdo nedosáhl vyšší hodnoty minutové ventilace, než fotbalista č. 2 z kategorie U19. Jeho hodnotou bylo  $199,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ . Na opačném konci se nachází fotbalista č. 7 z kategorie U18, kterému byla naopak zjištěna nejmenší hodnota, a to  $87,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ . Kategorie U19 měla ze všech kategorií nejvyšší průměrné výsledky. Průměr hodnot všech kategorií byl stanoven na  $142,33 \pm 23,1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , zatímco průměr všech norem byl vypočten na  $107,83 \pm 3,6 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ . Výsledky byly o 31,99 % vyšší oproti normě. Rozdíl hodnot minutové ventilace byl prokázán jako věcně ( $d=2,08$ ) i statisticky ( $p<0,05$ ) významný.

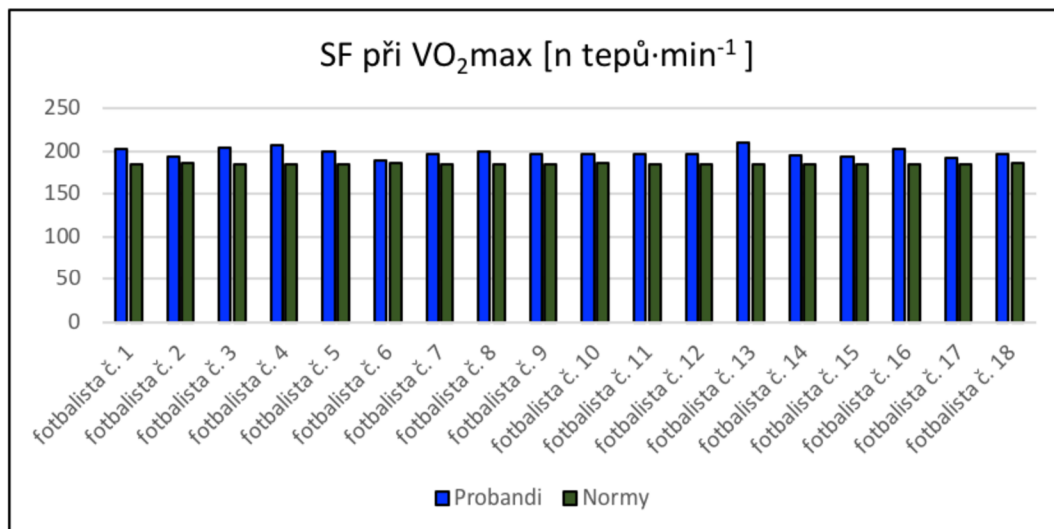


Graf č. 35: Porovnání hodnot V'E všech kategorií s průměrnou normou

## 6.5 Srdeční frekvence při $\text{VO}_2\text{max}$

Normy byly pro jednotlivé probandy individuální, a z toho důvodu jsou taktéž vyznačené v grafu.

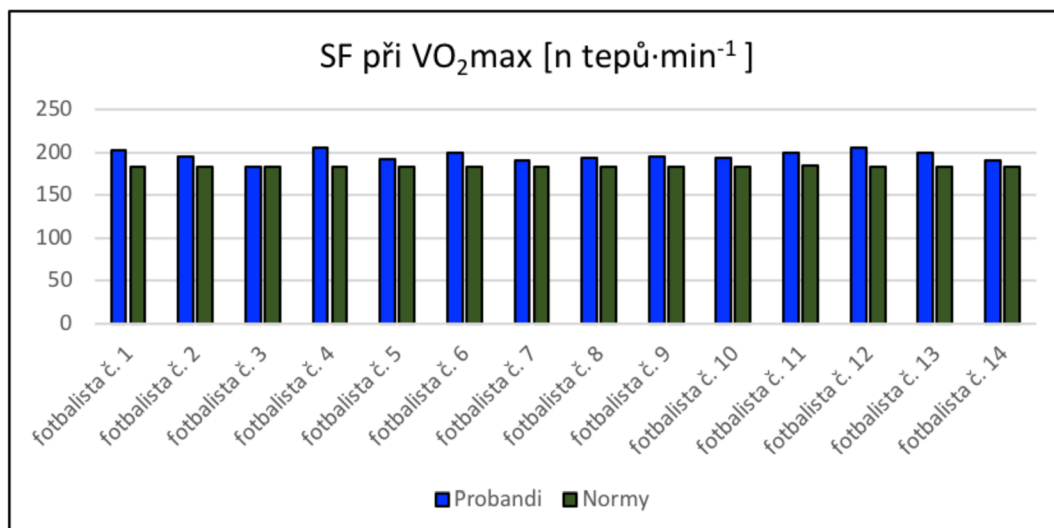
Na grafu č. 36 vidíme výsledné hodnoty srdeční frekvence při VO<sub>2</sub>max kategorie U16. Ta se pohybovala u všech jedinců v rozmezí 190–210 úderů/min. Fotbalista č. 6 dosáhl nejmenšího počtu tepů za minutu, a to 189. Naopak nejvyšší hodnotu měl fotbalista č. 13, který se dostal na úroveň 210 tepů·min<sup>-1</sup>. Průměrný počet tepů za minutu se stanovil na 198,17 ± 5,18 tepů·min<sup>-1</sup>. Norma pro srdeční tep kategorie U16 byla zprůměrována na 185,22 ± 0,42 tepů za minutu. Naměřené hodnoty byla vyšší než norma o 6,99 %.



**Graf č. 36: Hodnota SF při VO<sub>2</sub>max kategorie U16**

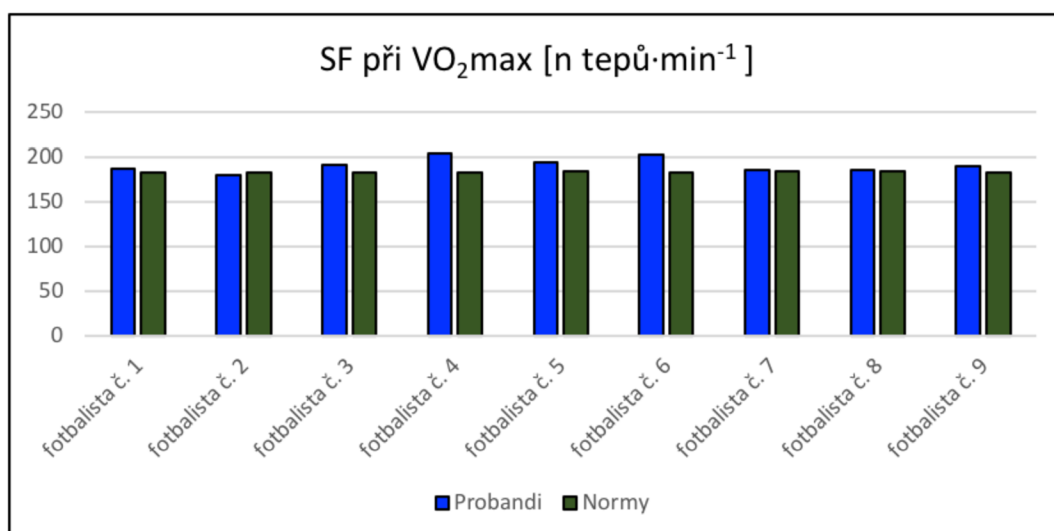
Graf č. 37 ukazuje počet tepů za minutu, který byl dosažen u jednotlivých fotbalistů kategorie U17. Největšího počtu tepů za minutu bylo zaznamenáno u fotbalisty č. 4 a 12, kteří shodně dosáhli čísla 205. Fotbalista č. 3 měl s naměřenou hodnotou 184 tepů·min<sup>-1</sup> nejnižší úroveň srdeční frekvence. V průměru se kategorie U17 pohybovala na výsledku 196 ± 5,89 tepů·min<sup>-1</sup>. Průměrná norma vycházela rovných 184 ± 0,38 tepů·min<sup>-1</sup>. Výsledky kategorie U17 značí vyšší naměřené hodnoty oproti normě, a to o 6,52 %.





**Graf č. 37: Hodnota SF při VO<sub>2</sub>max kategorie U17**

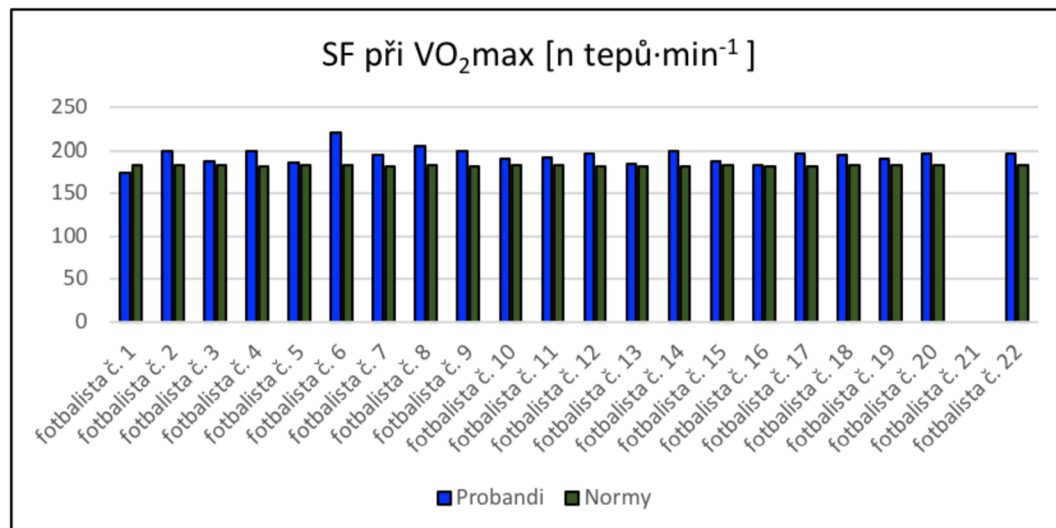
Graf č. 38 znázorňuje srdeční frekvenci při VO<sub>2</sub>max a její výsledné hodnoty, změřené v kategorii U18. Kategorie U18 se pohybovala na průměrné hodnotě  $191,56 \pm 7,76$  tepů·min<sup>-1</sup>. U fotbalisty č. 4 jsme přišli na to, že dosahuje nejvyšší úrovně srdeční frekvence ze svého týmu. Naměřeno u něj bylo 205 tepů·min<sup>-1</sup>. Fotbalista č. 2 měl nejmenší srdeční frekvenci ze svého týmu. Ten dosáhl hodnoty 180 tepů·min<sup>-1</sup>. Zjištěné hodnoty kategorie U18 byly v průměru o 4,5 % vyšší než norma, která odpovídala hodnotě  $183,33 \pm 0,47$  tepů za minutu.



**Graf č. 38: Hodnota SF při VO<sub>2</sub>max kategorie U18**

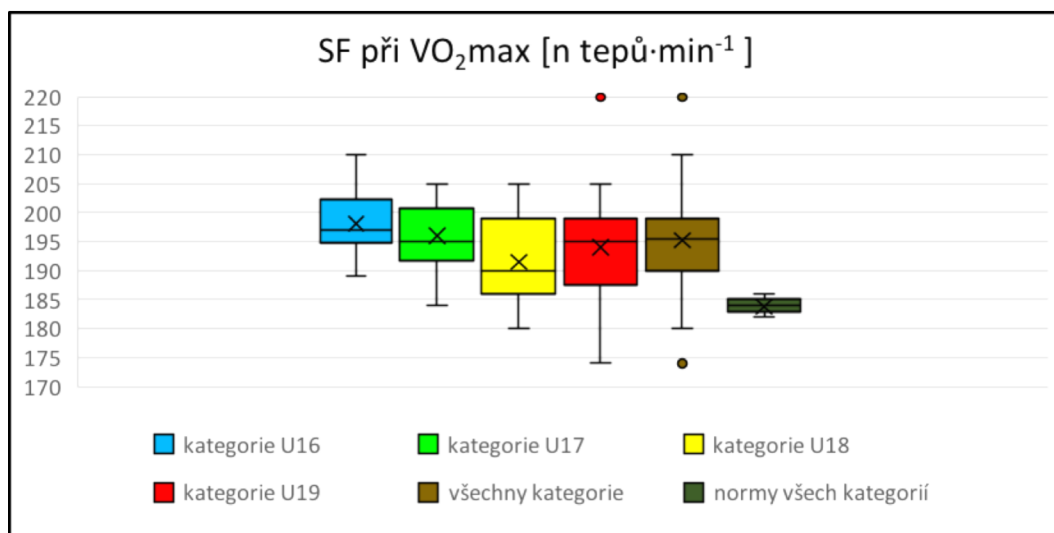
Díky grafu č. 39 můžeme vidět výsledné hodnoty srdeční frekvence při VO<sub>2</sub>max u kategorie U19. Průměrný počet úderů srdce za minutu byl vypočten na  $194 \pm 9$  tepů za minutu. Nikdo nedosáhl vyšší hodnoty, než fotbalista č. 6. Tomu byla změřena hodnota 220 tepů za minutu. Fotbalista č. 1 měl menší hodnotu než kterýkoli jiný spoluhráč ze své kategorie, který byla 174 tepů·min<sup>-1</sup>. Lze si také všimnout, že u

fotbalisty č. 21 nebyla stanovena žádná hodnota. Pravděpodobně to bylo zapříčiněno tím, že jeho hrudní pás během zátěžového testu byl chybně nastaven, a nedokázal zachytit srdeční frekvenci. Norma se pohybovala na průměrných  $182,67 \pm 0,56$  tepů·min<sup>-1</sup>, což znamená, že výsledky byly oproti normě o 6,7 % vyšší.



**Graf č. 39: Hodnota SF při VO<sub>2</sub>max kategorie U19**

Poslední graf č. 40 představuje porovnání výsledků dorosteneckých kategorií u parametru srdeční frekvence při VO<sub>2</sub>max. Jednoznačně největší srdeční frekvence byla naměřena u fotbalisty č. 6 z kategorie U19, kterému bylo zjištěno 220 tepů za minutu. Nejnižší srdeční frekvenci taktéž nalezneme v kategorii U19, tentokrát u fotbalisty č. 1. Srdeční frekvence byla u něj stanovena na 174 tepů·min<sup>-1</sup>. Nejvyšší průměr ze všech kategorií měla kategorie U16. Součet výsledků všech kategorií a následné dělení počtem probandů nám určilo výsledek  $195,31 \pm 7,55$  tepů·min<sup>-1</sup>. Norma pro všechny kategorie vycházela v průměru na  $183,81 \pm 1,13$  tepů za minutu, tedy průměrné hodnoty výsledků jsou vyšší než průměrné hodnoty normy o 6,25 %. Cohenův koeficient  $d=2,13$  značí velký efekt, přičemž rozdíl je taktéž statisticky ( $p<0,05$ ) významný.



**Graf č. 40: Porovnání hodnot SF při VO<sub>2</sub>max všech kategorií**

## 7 Diskuze

Pro komparaci hodnot fotbalistů a jejich norem jsme využili individuálních norem z protokolů či informací z odborné literatury, na jejichž základě jsme taktéž stanovili veškeré hypotézy a vědecké otázky.

Konkrétní rozmezí 18,5–24,99 kg·m<sup>-2</sup> jsme u BMI stanovili především z toho důvodu, že to je světově nejpoužívanějším a nejrozsáhlejším měřítkem nadváhy a obezity. Ve své publikaci ho zmiňuje např. Holeček (2006) či Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006). Také Světová zdravotnická organizace (WHO, 2022) bere výše zmíněné rozmezí jako klasifikaci nadváhy a obezity. Tento index je zobecněn na veškerou populaci a nejsou v něm nijak zohledněny konkrétní atributy jako pohlaví, věk a jiné. Ačkoli v práci pojednáváme o sportovcích výkonnostní úrovně, rozhodli jsme se v naší hypotéze využít toto měřítko z důvodu rozdílností našich probandů, ať už věkových, či fyziologických. I přes fakt, že tento index se v současnosti nebere jako věrohodné měřítko z důvodu nepřesnosti zapříčiněné např. nadměrnou svalovou hmotou (Fialová, 2007; Bartůňková et al., 2013) či z důvodu největšího nárůstu svalové hmoty v období puberty (Bahenský et al., 2021), jsme se domnívali, že se všichni naši jedinci budou nacházet pod počáteční hranicí nadváhy. V našem případě bylo 3 fotbalistům z 63 naměřeno BMI vyšší než 25 kg·m<sup>-2</sup>, a hypotézu 1 tedy zamítáme. U těchto 3 fotbalistů jsme zjistili poměrně vyšší podíl tukové hmoty v rozmezí 17–18 % a domníváme se tedy, že za vyšší hodnotu BMI může tento fakt. Taktéž v publikaci Vobra (2012) bylo zjištěno, že z celkem 38 fotbalistů, působících v I. a II. fotbalové lize, se nacházelo 6 nad hranicí 25 kg·m<sup>-2</sup>.

Optimální množství tukové hmoty se liší podle publikací. Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) stanovují optimální zastoupení tukové hmoty u mužů na hodnotu 15,3 %, u fotbalistů je rozmezí 9–19 %. Buzek (2007) míní, že fotbalisté by měli mít procentuální zastoupení tuků pod 15 %. V našem měření jsme využili rozmezí z našich protokolů, který udává optimální hranici od 10 do 20 %, jelikož zohledňuje všechna předešlá rozmezí. Výsledky parametru podílu tukové hmoty přinesly očekávané výsledky. Všem našim 63 probandům byl naměřený průměrný podíl tukové hmoty pod úroveň 20 % na hodnotu 14,71 ± 2,53 %, což je v souladu s veškerými informacemi publikovanými výše. Hypotézu 2 tedy potvrzujeme. Leão et al. (2017) provedli měření podílu tukové hmoty na 38 fotbalistech od kategorie U16 po U19 portugalské

dorostenecké ligy, a průměrné výsledky se blížily výsledkům našich probandů, když průměrný podíl tukové hmoty byl změřen na hodnotu  $12,01 \pm 2,66 \%$ .

Úroveň průměrné maximální spotřeby/příjmu kyslíku se u všech kategorií stanovila na  $59,03 \pm 4,15 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Výsledky jsou v souladu s tvrzením Hellera (2018), který říká, že ačkoli by profesionální fotbalisté měli mít úroveň  $\text{VO}_2\text{max}$  nad  $60 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u mladších fotbalistů mohou být vykazovány výsledky pod hranicí  $60 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Podle Grasgrubera a Cacka (2008) mají mít fotbalisté úroveň  $\text{VO}_2\text{max}$  v rozmezí  $55\text{--}65 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , dle Psotty (2006) mohou mít o něco více, a to  $56\text{--}69 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Taktéž tyto informace jsou v souladu s našimi výsledky. Průměrná hodnota normy činila  $54,11 \pm 4,06 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . To znamená, že fotbalisté přesahovali stanovenou normu o  $9,1 \%$ . Rozdíl hodnot  $\text{VO}_2\text{max}$  mezi všemi fotbalisty a jejich normami je věcně ( $d=1,67$ ) i statisticky ( $p<0,05$ ) významný. Tímto jsme potvrdili hypotézu 3. Výsledky korespondují s výsledky Śliwowskiho, Jóźwiaka, Pietrzaka, Wieczoreka a Wieczoreka (2007), kteří v dvojím testování naměřili průměrnou hodnotu  $58,15 \pm 2,24 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  22 adolescentním fotbalistům působící v juniorském týmu prvoligového Lech Poznań.

Výsledky 63 testovaných probandů ukazují, že průměrná hodnota dechového objemu byla určena na  $2,32 \pm 0,42 \text{ L}$ , což není v souladu s tvrzením Bartůňkové et al. (2013). Podle ní by se úroveň dechového objemu při namáhavé práci měla dostat na hodnotu  $2,5\text{--}3 \text{ L}$ . Naše výsledky taktéž nekorrespondují s informací podle Havlíčkové et al. (1991), podle které mohou jedinci dosahovat při nadměrném zatížení hodnoty  $3,5 \text{ L}$ . Po výpočtu normy dechového objemu z vitální kapacity u všech probandů jsme přišli na průměrnou hodnotu  $2,68 \pm 0,46 \text{ L}$ , která naopak odpovídá tvrzením Bartůňkové et al. (2013) a Havlíčkové et al. (1991). Rozdíl byl statisticky ( $p<0,05$ ) i věcně ( $d=-0,81$ ) významný. V tomto parametru byla norma vyšší než skutečné výsledky o  $13,43 \%$ . Hypotézu 4 zamítáme. Domníváme se, že probandi nedýchají správně, a zároveň jejich dýchání není ekonomické. Bartůňková et al. (2013) zmiňuje, že dechový objem je do jisté míry ovlivněn dechovou frekvencí, přičemž vysoká dechová frekvence může vést ke snížení dechového objemu. Tento fakt také potvrzuje Bahenský, Bunc, Marko, a Malátová (2020), kteří zjistili, že vlivem dechových cvičení lze zvýšit hodnoty dechového objemu a snížit hodnoty dechové frekvence, přičemž  $\text{VO}_2$  či  $V'E$  zůstává beze změn.

Minutová ventilace byla změřena na hodnotu  $142,33 \pm 23,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , což odpovídá tomu, co ve své publikaci míní Havlíčková et al. (1991) – ta zmiňuje, že MMVV (maximální minutová ventilace volní) se pohybuje v rozmezí  $100\text{--}150 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Výsledky naší práce taktéž odpovídají např. výsledkům z měření Ercega, Jelasky a Maleše (2011), kteří zjistili u 66 fotbalistů kategorie U15–U19 z nejvyšší chorvatské soutěže hodnoty na úrovni  $144,47 \pm 20,14 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Průměr všech norem byl vypočten na  $107,83 \pm 3,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , která taktéž odpovídá informaci od Havlíčkové et al. (1991). Z výsledku je zřejmé, že fotbalisté převýšili danou normu, konkrétně o 31,99 %. Statistická významnost na hladině  $p < 0,05$  byla potvrzena. To samé platí pro věcnou významnost, kde Cohenův koeficient  $d = 2,08$ . Hypotézu 5 potvrzujeme.

Budou mít fotbalisté vyšší podíl svalové hmoty než 76 %? Všichni naši fotbalisté vykazovali vyšší hodnoty podílu svalové hmoty, než byla hranice 76 %. Tento předpoklad jste stanovili z toho důvodu, že v rámci jejich tréninkového režimu jsou zavedeny posilovací tréninky s kondičním trenérem. Spodní hranice 76 % vycházela z výsledného protokolu, a proto posloužila jako norma pro naše fotbalisty. Obecně se udávají nižší hodnoty okolo 40 % (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Hodnota z protokolu totiž zahrnuje obsah kosterního svalstva, hladké svaloviny (např. zažívací či srdeční svaly) a vodu obsaženou v těchto svalech (Tanita, 2022). Průměrné hodnoty fotbalistů vycházely na  $81,51 \pm 2,44 \%$  a převyšoval spodní hranici o 5,51 %.

Budou mít fotbalisté významně vyšší BF než jejich individuální normy? Průměrné hodnoty dechové frekvence byly  $62,14 \pm 7,99 \text{ dechů}\cdot\text{min}^{-1}$ , přičemž aritmetický průměr normy všech kategorií je  $42,84 \pm 0,84 \text{ dechů}\cdot\text{min}^{-1}$ . Výsledky probandů byly oproti normám vyšší o 45,05 %. Všechny 63 jedinců mělo vyšší hodnoty dechové frekvence než jejich normy. Výsledky jsou pravděpodobně významně vyšší z toho důvodu, že fotbalisté nedýchají správně, a snaží se nahrazovat nižší dechový objem vyšší dechovou frekvencí, jelikož nárůst dechové frekvence může vést ke snížení dechového objemu (Bahenský et al., 2021).

Budou mít fotbalisté významně vyšší SF při vrcholu  $\text{VO}_2\text{max}$  než jejich individuální normy? Fotbalisté dosáhli významně vyšších hodnot SF při vrcholu  $\text{VO}_2\text{max}$  než jejich individuální normy. Průměrná hodnota byla stanovena na  $195,31 \pm 7,55 \text{ tepů}$ , přičemž průměrná norma vycházela na  $183,81 \pm 1,13 \text{ tepů}$ . Výsledky převýšily normu o 6,25 %. Rozdíl průměrných hodnot všech kategorií a jejich norem byl věcně ( $d = 2,13$ ) a

statisticky ( $p < 0,05$ ) významný. Skutečnost, že z 62 fotbalistů mělo celkem 59 vyšší hodnoty než své normy, může být zcela náhodná. Srdeční frekvence při vrcholu  $VO_2\max$  se odvíjí od  $SF_{\max}$ , jejíž hodnota je dána geneticky (parasymptickým či sympatickým nervovým systémem) a nikoli tréninkem. Nadprůměrné hodnoty mohly být vyšší kvůli jiným faktorům, ke kterým řadíme například stres či emoce.

Je zapotřebí zmínit, že fotbalisté podstoupili měření po sezónní pauze, přičemž někteří z nich se navrátili ze zranění, což mohlo negativně ovlivnit výsledky. Dále také fakt, že výsledky mohli odrážet daný stav jedince před testováním, čímž myslíme např. psychický stav, kvalitu spánku, jídelníček společně s pitným režimem či aktuální fyzický stav po stránce kondiční a zdravotní. V našich silách nebylo možné nastavit obdobné podmínky pro všechny probandy. Tím myslíme totožnou fyzickou zátěž či stejný den provedení testu.

## 8 Závěr

Cílem naší bakalářské práce bylo provedení analýzy závislosti vybraných ventilačních a somatických parametrů adolescentních fotbalistů, díky které jsme provedli komparaci mezi jednotlivými kategoriemi a s danou normou u jednotlivých zkoumaných parametrů. Všechny 4 testované skupiny, které byly tvořeny fotbalisty z Akademie SK Dynamo české Budějovice, hrající v kategoriích U16–U19, podstoupili standardizovanou podobu  $VO_2\text{max}$  testu do „vita maxima“, které proběhlo na začátku letní přípravy před začátkem sezóny 2021/2022 v Laboratoři zátěžové a funkční diagnostiky na KTVS JU v Českých Budějovicích.

Z výsledků naší práce je zřejmé, že téměř všichni fotbalisté dosahovali hodnot BMI dle nejčastěji využívané kategorizace jako „normální“ hmotnost, tedy 18,5–24,99  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Nicméně 2 fotbalisté vrchní hranici překročili a spadali do kategorie „nadváha“. Hypotézu H1 tedy zamítáme.

Hypotéza H2 byla taktéž potvrzena. Co se podílu tukové hmoty týče, fotbalisté dosahovali lepších výsledků, než byla jejich norma, přičemž rozdíl byl věcně i statisticky významný. Průměrná hodnota dosahovala nižšího čísla než norma, která byla 20 %.

Nejdůležitějším zkoumaným parametrem byla maximální spotřeba/příjem kyslíku. I v tomto případě jsme předpokládali, že výsledky fotbalistů budou dosahovat významně nadprůměrných hodnot než jejich individuální normy, a bylo tomu tak – hypotéza H3 byla taktéž potvrzena.

Věcně i statistický významný rozdíl naměřených hodnot byl zjištěn i u dechového objemu. Nicméně stanovená norma byla v tomto případě vyšší než výsledky probandů. Hypotézu H4 tedy zamítáme. Výsledky naznačují, že nižší hodnoty dechového objemu jsou ovlivněny vysokými hodnotami dechové frekvence.

Hypotézu H5 potvrzujeme. U parametr  $V'E$  jsme opět zjistili statisticky i věcně významný rozdíl hodnot sledovaných hráčů a příslušné normy.

Výsledky podílu svalové hmoty nám ukázaly, že jedinci dosahovaly vyšších hodnot, než byla dána spodní hranice. Tímto faktem byla zodpovězena vědecká otázka 1.

Hodnoty dechové frekvence našich fotbalistů byly významně vyšší, než byly jejich stanovené normy, přičemž rozdíl hodnot BF mezi našimi fotbalisty a jejich normami byl věcně a statisticky významný. Tímto byla zodpovězena vědecká otázka 2.



Z výsledků vyplývá, že fotbalisté s velkou pravděpodobností nedýchají správně, a jejich dýchání není ekonomické.

Fotbalisté vykazovaly vyšší hodnoty srdeční frekvence při vrcholu  $VO_2\text{max}$  než jejich stanovené normy. Rozdíl hodnot SF fotbalistů a jejich norem byl věcně a statisticky významný. Tato skutečnost nám odpovídá na vědeckou otázku 3.

Mezi limity naší práce můžeme zařadit začlenění všech hráčských postů do testování a absenci kategorizace. V budoucím testování by bylo přínosné testovat stejné hráčské pozice, a na základě výsledků poupravit poziční tréninky, aby mohlo dojít k odstranění nedostatků či zlepšení již aktuálních nadstandartních parametrů. Jako další limitující faktory bych uvedl rozdílné zátěže před provedením testu, kdy jedinci před začátkem přípravy mohli být individuálně odlišně připraveni, či například kvalitu spánku, psychický stav nebo náladu.

Naše výsledky prokázaly u našich probandů významně nadprůměrné hodnoty dílčích parametrů oproti jejich individuálním normám. Díky správně nastavenému systematickému tréninku lze dosáhnout nadprůměrných hodnot u ventilačních a somatických parametrů v adolescentním věku. Zároveň poukazují na určité nedostatky, které se přizpůsobením tréninkové jednotky dají eliminovat.

## Použitá literatura

- Bahenský, P., & Bunc, V. (2018). *Trénink mládeže v bězích na střední a dlouhé tratě*. Praha: Karolinum.
- Bahenský, P., Bunc, V., Marko, D., & Malátová, R. (2020). Dynamics of ventilation parameters at different load intensities and the options to influence it by a breathing exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60, 1101-1109.
- Bahenský, P., Marko, D., Malátová, R., Krajcigr, M., & Schuster, J. (2021). *Fyziologie tělesných cvičení*. České Budějovice, PF JU.
- Bangsbo, J. (1993). Energy demands in competitive soccer. *Journal of sports sciences*, 12, 5-12.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Šteffl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: UK FTVS.
- Bernaciková, M., Cacek, J., Dovrtělová, L., Hrnčířiková, I., Hlinský, T., Kapounová, K., Kopřivová, J., Kumstát, M., Králová, D., Novotný, J., Pospíšil, P., Řezaninová, J., Šafař, M., & Struhár, I. (2020). *Regenerace a výživa ve sportu* (3., doplněné vydání). Brno: MU.
- Beunen, G. (2001). Physical growth, maturation and performance. In R. Eston & T. Reilly (Eds.). *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual*, vol. 1, s. 65-90. London: Routledge.
- Blahutková, M. & Sližik, M. (2013). *Vybrané kapitoly z psychologie sportu*. Brno: FSpS MU.
- Bompa, T. O. (2000). *Total Training for Young Champions. Proven conditioning programs for athletes ages 6 to 18*. Champaign, IL: Humans Kinetics.
- Bunc, V. (2013). Functional profile of young trained athletes. *Česká kinantropologie*, 17(4), 95-107.
- Buzek, M. (2007). *Trenér fotbalu „A“ UEFA licence*. Praha: Olympia.
- Cattell, R. (1970). *The scientific analysis of personality*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Čelikovský, S., Blahuš, P., Chytráčková, J., Kasa J., Kohoutek, M., Kovář, R., Měkota, K., Stráňai, K., Štěpnička, J., & Zaciorskij, M. (1979). *Antropomotorika: pro studující tělesnou výchovu* (3., přeprac.vyd.). Praha: Grada.
- Dobrá, L. (1986). *Sportovní hry. I, K problematice sportovně herního výkonu a sportovního tréninku*. Praha: SPN.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dylevský, I. (2000). *Somatologie* (Vydání druhé (přepracované a doplněné)). Olomouc: EPAVA.
- Erceg, M., Jelaska, I., & Maleš, B. (2011). Ventilation characteristics of young soccer players. *Homo Sporticus*, 13(2).
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Hamar, D., & Lipková, J. (2001). *Fyziologie tělesných cvičení*. Bratislava: Universita Komenského.
- Havlíčková, L., Bartůňková, S., Dvořák, R., Melichna, J., Šrámek, P., & Vránová, J. (1991). *Fyziologie tělesné zátěže I., Obecná část*. Praha: UK.
- Heller, J., Procházka, L., Bunc, V., Dlouhá, R., & Novotný, J. (1993). Maintenance of aerobic capacity in elite football players during competitive period. *Acta Universitatis Carolinae-Kinnathropologica*, 29(1), 79-87.

- Heller, J. (1997). Funkční zátěžová diagnostika a její aplikace ve sportu. *Lékařské listy (Příloha Zdravotnických novin)*, 46(40), 10-12.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Praha: Karolinum.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925-1931.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál
- Heyward, V.H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics
- Holeček, M. (2006). *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin* (1. vyd. ed.). Praha: Grada.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218-221.
- Hořejší, J. (1992) *Lidské tělo: srozumitelný a zevrubný průvodce po strukturách a funkcích lidského organismu*. Bratislava: Gemini.
- Choutka, M. (1976). *Teorie a didaktika sportu*. Praha: SPN.
- Choutka, M., & Dovalil, J. (1991). *Sportovní trénink*. 2. vydání. Praha: Olympia
- Jurić, A., Tomljanović, M., & Bešlija, T. (2017). *Proceedings Book: 6th International Scientific Conference Contemporary Kinesiology*. Split: University of Split
- Klissouras, V. (1973). Erbllichkeit und Training-Studien mit Zwillingen. *Leistungssport*, 5, 357-367.
- Kolesár, J., & Mikeš, Z. (1981). *Ergometria v klinickej praxi*. Martin: Osveta.
- Křištofič, J. (2007). *Kondiční trénink: 207 cvičení s medicinbaly, expandery a aerobary*. Praha: Grada.
- Kureš, J., Hora, J., Jachimstál, B., Skočovský, M. & Špaček, J. (2007). *Pravidla fotbalu: platná od 1. 7. 2007. 1. vyd.* Praha: Olympia. Leão, C., Simões, M., Silva, B., Clemente, F. M., Bezerra, P., & Camões, M. (2017). Body composition evaluation issue among young elite football players: DXA assessment. *Sports*, 5(1), 17.
- Malátová, R., Bahenský, P., & Mareš, M. (2017). *Dechový stereotyp a jeho vliv na dechové funkce*. České Budějovice: PF JU.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Marko, D., Bahenský, P., Snarr, R. L., & Malátová, R. (2021). V [Combining Dot Above] O2peak Comparison of a Treadmill Vs. Cycling Protocol in Elite Teenage Competitive Runners, Cyclists, and Swimmers. *Journal of strength and conditioning research*.
- Matiegka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Antropology*, 4(3).
- Metaxas, T. I., Koutlianos, N. A., Kouidi, E. J., & Deligiannis, A. P. (2005). Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 79-84.
- Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého
- Navara, M., Ondřej, O., & Buzek, M. (1986). *Kopaná: (Teorie a didaktika)*. Praha: SPN.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Berbalk, A. (2000). *Successful endurance training*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Noakes, T. (2002). *Lore of running*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže. Thomaerova sbírka 413*. Praha: SZN.
- Perič, T. (2004). *Sportovní příprava dětí*. Praha: Grada.
- Psotta, R. (2006). *Fotbal: kondiční trénink: moderní koncepce tréninku, principy, metody a diagnostika, teorie sportovního tréninku*. Praha: Grada.
- Reilly, T. (1990). Football. In Reilly, T., Secher, N., Snell, P., & Williams, C. (Eds.). *Physiology of sports*. s. 371-426. London: E & FN Spon.
- Riegerová, J., Ulbrichová, M., & Přidalová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)* (3. vyd.). Olomouc: Hanex
- Slavíková, J., & Švíglerová, J. (2012). *Fyziologie dýchání*. Praha: Karolinum.
- Śliwowski, R., Jóźwiak, J., Pietrzak, M., Wieczorek, A., & Wieczorek, J. (2007). Aerobic performance of young football players in the preparatory period. *Studies in Physical Culture & Tourism*, 14.
- Sobolová, V., & Zelenka, V. (1982). *Fyziologie člověka* (2. vyd.). Praha: UK
- Soukup, P. (2017). *P a D (statistická a věcná významnost a jejich praktické užívání v českých sociálních vědách)*. Disertační práce, Univerzita Karlova, Praha.
- Squires, R. W., & Buskirk, E. R. (1982). Aerobic capacity during acute exposure to simulated altitude, 914 to 2286 meters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(1), 36-40.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine*, 35(6), 501-536.
- Suchomel, A. (2006). *Tělesně nezdatné děti školního věku (motorické hodnocení, hlavní činitelé výskytu, kondiční programy)*. Liberec: TUL
- Štumbauer, J., (1989). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: PF JU
- Van Praagh, E. & Franca, N. M. (1998). Measuring maximal short-term power output during growth. In E. Van Praagh (Ed.), *Pediatric anaerobic performance*, 155—189, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vobr, R. (2012). *Aplikovaná antropologie I*. Brno: MU.
- Votík, J. (2003). *Fotbal: trénink budoucích hvězd*. Praha: Grada Publishing.
- Votík, J. (2005). *Trenér fotbalu" B" UEFA licence (učební texty pro vzdělávání fotbalových trenérů)*. Praha: Olympia ve spolupráci s ČMFS.
- Wang, Z. (1997). *Human body composition models and methodology: Theory and experiment*. Wageningen: Wageningen University and Research.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Whipp, B. J., & Froelicher, V. F. (1987). Principles of exercise testing and interpretation. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 7(4), 189.
- Whipp, B. J., Davis, J. A., Torres, F., & Wasserman, K. (1981). A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 50(1), 217-221
- Wilmore, J. H. (1992). Body composition and body energy stores. *Endurance in Sport*. N.-Y.: Blackwell Scientific Publ, 244-255.
- Wong, D. P., Carling, C., Chaouachi, A., Dellal, A., Castagna, C., Chamari, K., & Behm, D. G. (2011). Estimation of oxygen uptake from heart rate and ratings of perceived exertion in young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1983-1988.

## Internetové zdroje

- Akademie (2018). *O akademii*. Přístup dne 10.12.2021, z <https://akademie.dynamocb.cz/zobraz.asp?t=o-akademii>
- Akademie (2021a). *Soupiska U16 2021/2022*. Přístup dne 10.12.2021, z <https://akademie.dynamocb.cz/soupiska.asp?kategorie=U16>
- Akademie (2021b). *Soupiska U17 2021/2022*. Přístup dne 10.12.2021, z <https://akademie.dynamocb.cz/soupiska.asp?kategorie=U17>
- Akademie (2021c). *Soupiska U18 2021/2022*. Přístup dne 10.12.2021, z <https://akademie.dynamocb.cz/soupiska.asp?kategorie=U18>
- Akademie (2021d). *Soupiska U19 2021/2022*. Přístup dne 10.12.2021, z <https://akademie.dynamocb.cz/soupiska.asp?kategorie=U19>
- Cortex (2021). *Cortex Metalyzer 3B*. Přístup dne 29.12.2021, z [https://www.compek.cz/e-shop/cortex-metalyzer-3b-komplet\\_823-002.html/#tabdescription](https://www.compek.cz/e-shop/cortex-metalyzer-3b-komplet_823-002.html/#tabdescription)
- Compek (2021). *Běhací pás Lode Valiant 2 Sport XL*. Přístup dne 26.12.2021, z [https://www.compek.cz/e-shop/behaci-pas-lode-valiant-2-sport-xl\\_707222.html#tab-description](https://www.compek.cz/e-shop/behaci-pas-lode-valiant-2-sport-xl_707222.html#tab-description)
- Fitham (2018). *Tanita BC-418 MA*. Přístup dne 26.12.2021, z <https://www.fitham.cz/tanita-bc-418-ma>
- Polar (2021). *Hrudní pás POLAR H7 Bluetooth černý*. Přístup dne 27.12.2021, z <https://www.polar-eshop.cz/hrudni-pas-polar-h7-bluetooth-cerny>
- Sport Fitness Advisor (2007). *Body Composition*. Přístup dne 26.1.2022, z <https://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>
- SUMMUS vita (2021). *MetaControl® 3000*. Přístup dne 26.12.2021, z <https://www.summusvita.cz/o-nas/vybaveni/metacontrol-3000/>
- Tanita (2022). *Optimální složení těla*. Přístup dne 7.4.2022, z <https://www.tanitaeshop.cz/optimalni-slozeni-tela>
- WHO (2022). *Obesity and overweight*. Přístup dne 7.4.2022, z <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tabulka č. 1: Zastoupení tukové frakce u normální populace v % (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, s. 27)..... | 29 |
| Tabulka č. 2: Podíl svalstva na hmotnosti v průběhu vývoje (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, s. 60) .....    | 31 |
| Tabulka č. 3: Obecný tréninkový program dorosteneckých kategorií .....  | 44 |
| Tabulka č. 4: Popis probandů kategorie U16 .....  | 45 |
| Tabulka č. 5: Popis probandů kategorie U17 .....  | 46 |
| Tabulka č. 6: Popis probandů kategorie U18 .....  | 47 |
| Tabulka č. 7: Popis probandů kategorie U19 .....  | 48 |
| Tabulka č. 8: Klasifikace BMI.....  | 51 |
| Tabulka č. 9: Norma pro podíl svalové hmoty .....   | 54 |
| Tabulka č. 10: Norma pro podíl tukové hmoty .....   | 57 |

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek č. 6: Hodnoty VO <sub>2</sub> max u trénovaných a netrénovaných osob obou pohlaví podle Neumana, Pfütznea, & Berbalka, 2000, s. 26 ..... | 19 |
| Obrázek č. 7: Hrubá taxonomie motorických schopností podle Měkoty a Novosada, 2005, s. 21.....   | 22 |
| Obrázek č. 8: Schématické znázornění komplexu rychlostních schopností podle Čelikovského et al., 1979, s. 98.....                                | 23 |
| Obrázek č. 9: Vytrvalostní schopnosti podle různých kritérií podle Votíka, 2005, s. 150 .....  | 24 |
| Obrázek č. 10: Modely tělesného složení podle Riegerové, Přidalové, & Ulbrichové, 2006, s. 26.....   | 28 |
| Obrázek č. 1: Tanita BC 418 MA.....  | 39 |
| Obrázek č. 2: Cortex MetaControl 3000 .....  | 40 |
| Obrázek č. 3: Cortex MetaLyzer 3B.....   | 41 |
| Obrázek č. 4: Běžecký ergometr Lode Valiant Plus .....   | 42 |
| Obrázek č. 5: Hrudní pás Polar a spiroergometrická maska .....   | 43 |

## Seznam grafů

|   |    |
|---|----|
| Graf č. 1: Hodnoty BMI kategorie U16.....   | 51 |
| Graf č. 2: Hodnoty BMI kategorie U17.....   | 52 |
| Graf č. 3: Hodnoty BMI kategorie U18.....   | 52 |
| Graf č. 4: Hodnoty BMI kategorie U19.....   | 53 |
| Graf č. 5: Porovnání hodnot BMI všech kategorií .....                                     | 53 |
| Graf č. 6: Hodnoty podílu svalové hmoty kategorie U16.....                                | 54 |
| Graf č. 7: Hodnoty podílu svalové hmoty kategorie U17 .....                               | 55 |
| Graf č. 8: Hodnoty podílu svalové hmoty kategorie U18.....                                | 55 |
| Graf č. 9: Hodnoty svalové hmoty kategorie U19 .....                                      | 56 |
| Graf č. 10: Porovnání hodnot podílu svalové hmoty všech kategorií .....                   | 56 |
| Graf č. 11: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U16.....                                | 57 |
| Graf č. 12: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U17 .....                               | 58 |
| Graf č. 13: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U18.....                                | 58 |
| Graf č. 14: Hodnoty podílu tukové hmoty kategorie U19.....                                | 59 |
| Graf č. 15: Porovnání hodnot podílu tukové hmoty všech kategorií .....                    | 59 |
| Graf č. 16: Hodnoty VO <sub>2</sub> max kategorie U16 .....                               | 60 |
| Graf č. 17: Hodnoty VO <sub>2</sub> max kategorie U17 .....                               | 61 |
| Graf č. 18: Hodnoty VO <sub>2</sub> max kategorie U18 .....                               | 61 |
| Graf č. 19: Hodnoty VO <sub>2</sub> max kategorie U19 .....                               | 62 |
| Graf č. 20: Porovnání hodnot VO <sub>2</sub> max všech kategorií s průměrnou normou ..... | 63 |
| Graf č. 21: Hodnoty VT kategorie U16 .....  | 63 |
| Graf č. 22: Hodnoty VT kategorie U17 .....  | 64 |
| Graf č. 23: Hodnoty VT kategorie U18 .....  | 64 |
| Graf č. 24: Hodnoty VT kategorie U19 .....  | 65 |
| Graf č. 25: Porovnání hodnot VT všech kategorií s průměrnou normou .....                  | 66 |
| Graf č. 26: Hodnoty BF kategorie U16 .....  | 66 |
| Graf č. 27: Hodnoty BF kategorie U17 .....  | 67 |
| Graf č. 28: Hodnoty BF kategorie U18 .....  | 67 |
| Graf č. 29: Hodnoty BF kategorie U19 .....  | 68 |
| Graf č. 30: Porovnání hodnot BF všech kategorií s průměrnou normou .....                  | 69 |
| Graf č. 31: Hodnoty V'E kategorie U16 .....   | 69 |
| Graf č. 32: Hodnoty V'E kategorie U17 .....   | 70 |
| Graf č. 33: Hodnoty V'E kategorie U18 .....   | 70 |
| Graf č. 34: Hodnoty V'E kategorie U19 .....   | 71 |
| Graf č. 35: Porovnání hodnot V'E všech kategorií s průměrnou normou .....                 | 71 |
| Graf č. 36: Hodnota SF při VO <sub>2</sub> max kategorie U16 .....                        | 72 |
| Graf č. 37: Hodnota SF při VO <sub>2</sub> max kategorie U17 .....                        | 73 |
| Graf č. 38: Hodnota SF při VO <sub>2</sub> max kategorie U18 .....                        | 73 |
| Graf č. 39: Hodnota SF při VO <sub>2</sub> max kategorie U19 .....                        | 74 |
| Graf č. 40: Porovnání hodnot SF při VO <sub>2</sub> max všech kategorií.....              | 75 |