



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

Diplomová práce

**Komparace množství svalové hmoty a
zapojení preferenční a dominantní dolní
končetiny při Wingate testu a testu
výskoku u adolescentních běžců**

Vypracovala: Bc. Sabina Vítů
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

Graduation thesis

**Comparative amount of muscle mass and
involvement preferential and
dominant lower limbs in the Wingate
test and jump test in adolescent
runners**

Author: Bc. Sabina Vítů
Supervisor: PhDr. Petr Bahenský Ph.D.

České Budějovice, 2022

Bibliografická identifikace

Název diplomové práce: Komparace množství svalové hmoty a zapojení preferenční a dominantní dolní končetiny při Wingate testu a testu výskoku u adolescentních běžců

Jméno a příjmení autora: Bc. Sabina Vítů

Studijní obor: navazující magisterské jednooborové studium učitelství tělesné výchovy pro střední školy

Pracoviště: Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2022

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním množství svaloviny a výkonu dolní končetiny běžců na střední a dlouhé tratě. Testováno je 25 atletů ve věku $18,12 \pm 4,51$ let, kteří jsou jednorázově testováni na nášlapné váze Tanita, dále jsou podrobeni Wingate testu na bicyklovém ergometru, testu výskoku na reakční plošině LEM 10 with ProJump, měření obvodů segmentů dolních končetin a testu psaní a kopu. Pro porovnání vztahu mezi množstvím svalové hmoty na DK, množstvím tuku na DK, svalovou hmotou a výkony při Wingate testu, svalovou hmotou a Jumpmax testem, svalovou hmotou a obvody segmentů DK, obvody DK a Jumpmax testem, obvody DK a Wingate testem, Jumpmax testem a Wingate testem je použit Pearsonův korelační koeficient. Na základě výzkumu je zjištěno, že DK s větším podílem svalové hmoty nevykonává významně vyšší výkony než končetina druhá. Bylo zjištěno, že výskok z končetiny s větším množstvím svalové hmoty nedosahuje vyššího výskoku z končetiny s větším množstvím svalové hmoty. Bylo zjištěno, že probandi nedosahují významně vyšších výskoků při Jumpmax testu z končetiny s větším obvodem svalů. Probandi nedosahují významně vyššího výkonu při Wingate testu z končetiny s větším obvodem svalů. Dále bylo zjištěno, že výška výskoku z jedné končetiny při Jumpmax testu nekoreluje s výkonem dané končetiny při Wingate testu. U 52 % atletů byla zjištěna souvislost mezi výkonnější dolní končetinou při Wingate testu, preferovanou dolní končetinou při testu kopání a preferovanou dolní končetinou při odrazu.

Klíčová slova: běžci na střední a dlouhé tratě, zátěžové testování, lateralita, Jumpmax test, svaly

Bibliographical identification

Title of the graduation thesis: Comparative amount of muscle mass and involvement preferential and dominant lower limbs in the Wingate test and jump test in adolescent runners

Author's first name and surname: Bc. Sabina Vítů

Field of study: Physical Education

Department: Department of Sports studies

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský Ph.D.

The year of presentation: 2022

Abstract:

This graduation thesis deals with the comparison of the amount of muscle and lower limb performance of runners on medium and long distances. 25 athletes aged $18,12 \pm 4,51$ years are tested, who are tested once on a step weight Tanita, they are also subjected to the Wingate test on a bicycle ergometer, test on the reaction platform, the measurement of lower limb segments and the writing and kicking test. To compare the relationship between muscle mass on lower limb, fat mass on lower limb, muscle mass and performance in the Wingate test, muscle mass and Jumpmax test, muscle mass and circumference of lower limb segments, lower limb circumference and Jumpmax test, lower limb circumference and Wingate test, Jumpmax test and the Wingate test uses the Pearsons correlation coefficient. Based on the research, it was found that lower limb with a larger proportion of muscle mass does not perform significantly higher performance than the other limb. It was found that a jump from a limb with more muscle mass does not reach the higher jump from a limb with more muscle mass. It was found that probands do not achieve significantly higher jumps in the Jumpmax test from limbs with larger muscle circumference. Probands do not reach significantly higher in the Wingate test from limbs with a larger power circumference. Furthermore, it was found that the height of jump from one limb in the Jumpmax test does not correlate with the performance of that limb in Wingate test. In 52 % of athletes, a connection was found between the more powerful lower limb in the Wingate test, the preferred lower limb in the kicking test and the preferred lower limb in the rebound.

Keywords: runners on medium and long distances, load testing, laterality, Jumpmax test, muscles

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou archivované Pedagogickou fakultou 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 dále 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 výsledku 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 plagiátů.

Datum: 2022

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce panu PhDr. Petru Bahenskému, PhD. za cenné rady a odborné vedení při zpracování mé diplomové práce. Také děkuji za možnost využití laboratoře zátěžové diagnostiky na KTVS JČU. Dále děkuji sportovcům, kteří byli součástí výzkumného souboru jako probandi.

Obsah

1 Úvod	6
2 Metodologie.....	7
2.1 Cíl, úkoly a hypotézy	7
2.1.1 Cíl práce	7
2.1.2 Úkoly práce	7
2.1.3 Hypotézy a vědecké otázky.....	7
2.2 Použité metody výzkumu	8
2.2.1 Obsahová analýza	8
2.2.2 Vstupní měření antropomotorických údajů	8
2.2.3 Metoda testování	8
2.2.4 Statistické metody	9
2.2.5 Komparativní metoda	9
2.3 Rešerše literatury	11
3 Přehled poznatků	13
3.1 Běhy na střední a dlouhé tratě	13
3.2 Lateralita	14
3.2.1 Vývojový aspekt laterality.....	15
3.2.2 Vliv genetiky a dominance mozkových hemisfér	16
3.2.3 Druhy laterality	18
3.2.4 Testy laterality	20
3.2.5 Formy laterality.....	21
3.2.6 Stupně laterality.....	21
3.2.7 Lateralita a sport.....	22
3.2.8 Lateralita horních a dolních končetin	23
3.3 Tělesné složení.....	24
3.3.1 Tukuprostá tkáň	25
3.3.2 Svalstvo	25
3.3.3 Tuková tkáň.....	27
3.3.4 Tělesný tuk.....	28
3.3.5 Kostra těla	28
3.4 Zátěžová funkční diagnostika ve sportu	29
4 Projekt práce, jeho organizace a průběh	31
4.1 Charakteristika souboru	32
4.2 Použité přístroje	32
4.3 Použité testy	34
6 Výsledky	35
6 Diskuse	63
7 Závěr.....	67
Referenční seznam literatury.....	69
Seznam obrázků	71

1 Úvod

Už mnoho let se říká, že atletika je královnou sportu. Naše diplomová práce se zabývá atlety, jejichž disciplínou jsou běhy na střední a dlouhé tratě. Jedná se o individuální disciplínu, která je v poslední době rozšířena i jako rekreační sport. Je zde velmi důležitá, jak technika, tak i zvládnutí vytrvalostních a rychlostně silových dovedností. Právě u těchto běhů atleti musí překonávat levotočivé zatáčky, ve kterých na ně působí odstředivé síly, z tohoto důvodu je atlet nucen vyklánět trup směrem do zatáčky a chodidlo se při došlapu na podložku natáčí směrem dovnitř, také těžiště těla se v zatáčce přenáší směrem dovnitř. Velmi důležitým znakem běhů na střední a dlouhé tratě je výkon dolních končetin, na kterém stojí velká část úspěchu. A právě levá dolní končetina je při běhu na atletickém ovále zatěžována více. V naší diplomové práci budeme porovnávat množství svalové hmoty a tuku u jednotlivých dolních končetin, dále výkony jednotlivých končetin při Wingate testu a Jumpmax testu u 25 vybraných atletů. Také budeme dolní končetiny testovat pomocí testu kopu a horní končetinu pomocí testu psaní.

V teoretické části diplomové práce se budeme zabývat literárními zdroji, které se týkají běhů na střední a dlouhé tratě, laterality, tělesného složení a laboratorní zátěžové diagnostiky.

Praktická část práce se zaměřuje na složení těla jednotlivých atletů, zahrnující svaly, tuky a kostní hmotu dolních končetin, měření bylo provedeno na nášlapové váze Tanita. Dále bylo provedeno měření obvodů na obou dolních končetinách každého probanda, konkrétně se jednalo o obvod lýtky, stehna 10 cm nad patelou a stehna v jeho nejširším místě, tj. pod gluteální rýhou. Následně byly porovnány obvody se svalovou hmotou. Dále bylo provedeno testování sportovců na bicyklovém ergometru za pomoci Wingate testu a následné porovnání výsledků s množstvím svalové hmoty a obvody segmentů na jednotlivých končetinách. Dalším krokem diplomové práce je testování atletů na reakční plošině LEM 10 with pro Jump, kde byl proveden test výskoku z pravé i levé dolní končetiny a následné porovnání se svalovou hmotou, obvody segmentů dolních končetin, maximálním výkonem a maximálním výkonem přepočteným na kg jedince při Wingate testu.

2 Metodologie

2.1 Cíl, úkoly a hypotézy

2.1.1 Cíl práce

Cílem práce je komparace množství svalové hmoty a zapojení preferenční a dominantní dolní končetiny při Wingate testu a testu výskoku u adolescentních běžců.

2.1.2 Úkoly práce

Pro vypracování této diplomové práce musí být splněny následující úkoly:

- Pomocí obsahové analýzy provést rozbor odborné literatury,
- na základě studia odborné literatury vytvořit teoretický základ zaměřený na lateralitu dolních končetin
- stanovení výzkumného záměru a výběr metod měření a testování,
- uskutečnit záměrný výběr probandů,
- vyhodnotit a statisticky ověřit získaná data u jednotlivých probandů,
- charakterizovat ověřená data v diskusi,
- vyhodnotit závěr.

2.1.3 Hypotézy a vědecké otázky

H1: Předpokládáme, že končetina s větším podílem svalové hmoty bude vykonávat významně vyšší výkon při Wingate testu než končetina s menším podílem svalové hmoty.

H2: Předpokládáme, že výška výskoku z končetiny s větším množstvím svalové hmoty bude významně vyšší než z končetiny s menším podílem svalové hmoty.

H3: Předpokládáme, že sledovaní atleti budou dosahovat významně vyšší výšky výskoku při Jumpmax testu z končetiny s větším obvodem svalů.

H4: Předpokládáme, že atleti budou dosahovat významně vyššího výkonu při Wingate testu u končetiny s větším obvodem svalů.

H5: Předpokládáme, že výška výskoku z jedné končetiny při Jumpmax testu bude významně korelovat s výkonem dané končetiny při Wingate testu.

VO1: Existuje souvislost mezi výkonnější dolní končetinou při Wingate testu, preferovanou dolní končetinou při testu kopání a preferovanou dolní končetinou při odrazu?

2.2 Použité metody výzkumu

2.2.1 Obsahová analýza

Tuto metodu jsme použili v naší diplomové práci při zpracování teoretické části. Obsahová analýza nám umožnila posoudit vhodnost obsahu, který byl zařazen do teoretické části diplomové práce. Měla svůj význam i v praktické části práce, kde bylo nutné vycházet při stanovování cílů, hypotéz i úkolů práce z odborné literatury související s tématem. Veškerou použitou odbornou literaturu, články a internetové zdroje jsme uvedli v referenčním seznamu literatury.

2.2.2 Vstupní měření antropomotorických údajů

Metodu měření jsme využili v praktické části této diplomové práce pro naměření veškerých somatických rozměrů. Veškerá měření jsem realizovala v laboratoři zátěžové diagnostiky na katedře tělesné výchovy a sportu na Jihočeské univerzitě pod odborným vedením vedoucího diplomové práce, pana PhDr. Petra Bahenského, PhD. Měření se zúčastnilo 25 atletů-běžců na střední a dlouhé tratě z T. J Sokol České Budějovice. Všechna měření probíhala v prosinci 2020. Před samotným měřením byli probandi dotazováni na základní informace, jako je příjmení, jméno, datum narození. Tyto informace jsme zaznamenali do programu v počítači. Pro zjištění složení těla jsme využili Tanitu BC 418 MA, kde jsme naměřili hmotnost celého těla i jednotlivých segmentů těla, svalů, tělesného tuku, kostní hmoty a vody. Dále jsme využili pásovou míru pro určení obvodů lýtek, stehen 10 cm nad patelou a obvodů stehen v nejširším místě (tj. pod gluteální rýhou). Pro určení výšky probanda byla použita vertikální míra.

Na měření jsem byla přítomna. Všechna data byla zaznamenávána do MS Excel.

2.2.3 Metoda testování

Metodu testování jsme také využili v praktické části diplomové práce. Pro testování jsme zvolili Wingate test, abychom naměřili výkony jednotlivých dolních končetin každého atleta. Pro určení síly jednotlivých dolních končetin jsme vybrali odrazový test, který jsme realizovali na reakční plošině.

Wingate test probíhal na bicyklovém ergometru. Testovaný si nasadil hrudní pás, nastavili jsme mu výšku sedátka a řídítek. Proband měl 5 minut na rozšlapání, kde se snažil udržet výkon na 60 otáček/min. V době rozšlapání následovala dvě zrychlení v maximální intenzitě. Poté následoval samotný test, kde měl sportovec za úkol

v intervalu 30 sekund šlapat maximální intenzitou. Po ukončení hlavní části testu následovaly 3 minuty, ve kterých bylo hlavním úkolem atleta zklidnění, kdy se výkon držel opět na 60 otáčkách/min.

Další metodou testování byl odrazový test, který probíhal na reakční plošině LEM 10 with ProJump. Testovaný si obul sportovní přezutí, vstoupil na reakční plošinu pravou nohou, základní pozice byla v podřepu, ruce v bok, levá noha zanožená pokrčmo a na povel se snažil o co nejvyšší vertikální výskok. Celý postup ještě jednou zopakoval a poté vystřídal nohy a opět výskok zopakoval dvakrát.

Veškeré testování probíhalo v prosinci roku 2020. Na testování jsem byla přítomna. Všechna data jsme zaznamenávali do MS Excel a vzájemně mezi sebou porovnávali.

2.2.4 Statistické metody

Korelace a statistická významnost

Po výpočtu normality pomocí Shapiro-Wilkova testu data ukázala normální distribuci. Z toho důvodu jsme použili v diplomové práci parametrický test Pearsonův korelační koeficient. Parametrický test jsme použili při vyhodnocení množství svalové hmoty na dolních končetinách, při vyhodnocení množství tuku na dolních končetinách. Dále byl použit při posouzení vztahu mezi svalovinou a výkony jednotlivých dolních končetin při Wingate testu, při výkonu mezi jednotlivými dolními končetinami při Wingate testu, při porovnání výsledků Jumpmax testu s množstvím svalové hmoty na dolních končetinách a také při porovnání obvodů DK s množstvím svalové hmoty na DK, poslední porovnávanou skupinou byl Wingate test a test Jumpmax. Kritická hodnota Pearsonova korelačního koeficientu pro jednostranný test s 25 proměnnými na úrovni $p=0,05$ je 0,3977. Pokud nám vyšla vypočítaná hodnota větší než 0,3977 mluvíme o statisticky významném výsledku.

2.2.5 Komparativní metoda

Tuto metodu jsme také použili v praktické části diplomové práce pro porovnání dat výkonů dolních končetin jak při Wingate testu, tak při testu výskoků, dále při porovnání jednotlivých dolních končetin při testu kopu a horních končetin při testu psaní. Komparativní metoda byla použita při porovnání obvodů dolních končetin a také při porovnávání množství svalové hmoty na dolních končetinách. Výsledné hodnoty jsme průběžně zpracovávali a v poslední řadě jsme je porovnávali mezi sebou.

Výsledné hodnoty byly zásadními pro konečné porovnání zjištěného. Při komparaci bylo využito Pearsonova korelačního koeficientu.

2.3 Rešerše literatury

Velkým zdrojem informací a podkladů pro naši diplomovou práci byla kniha zpracovaná autorkami Drnková, Z. & Syllabová, R. (1983). *Záhada leváctví a praváctví*. Praha: Avicentrum. Tato kniha představuje nejen pohled na problematiku laterality, ale také se zabývá vývojovými aspekty laterality, její historií a jsou v ní velmi dobře popsány testy na určení laterality. Jedná se o velmi zajímavý, ucelený a systematický výklad leváctví a praváctví.

Dalším důležitým zdrojem informací, který nám posloužil k pochopení laterality byla publikace sepsaná autorem Sovák, M. (1962). *Lateralita jako pedagogický problém*. Praha: Univerzita Karlova. V této knize se nachází přehledné rozdělení druhů laterality. Je zaměřena na vysvětlení podkladu laterality a na její význam v lateralitě. Obsahuje velké množství testů, díky kterým se dá určit lateralita jedince.

Pro doplnění a upřesnění laterality horních a dolních končetin bylo čerpáno z knihy Měkota, K. (1983). *Kapitoly z antropomotoriky*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. V této knize je velmi podrobně popsána pohybová lateralita, její hlavní formy projevu, genetická podmíněnost a vliv prostředí.

Pro část zabývající se tělesným složením, bylo využito publikace Riegerová J., Přidalová M., Ulbrichová M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex. Kniha se snaží přehledně představit aktuální poznatky z funkční antropologie. Velmi zdařile jsou v ní zpracovány tematické okruhy, jako je hmotnost těla či svalová hmota.

Pro doplnění a rozdělení svalstva bylo využito aktuální knihy Kalus, J. (2018). *Jumper's guide*. Brno: Jakub Gottvald. Kromě přehledného a srozumitelného rozdělení typů svalové tkáně publikace obsahuje detailně popsané tréninkové principy na trénink výskoku, dále je prostor v knize věnován i výživě nebo regeneraci. Kniha obsahuje bohatý zásobník posilovacích a plyometrických cviků zaměřených na výskok.

Pro část zabývající se zátěžovou diagnostikou bylo čerpáno z populární publikace vytvořené kolektivem autorů Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková E., Petr, M., Smitko, K., Šteffl M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: UK FTVS. V publikaci jsou přehledně popsány poznatky a trendy ve fyziologii.

Pro správné provedení a popsání Wingate testu byla použita publikace Hnízdil, J. & Havel, Z. (2012). *Rozvoj a diagnostika vytrvalostních schopností*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně. Celá šestá kapitola knihy popisuje diagnostické testy, mezi kterými se nachází námi použitý anaerobní all out test. V knize je detailně popsán průběh testu.

Odborná publikace Bahenský, P., Marko, D., Bunc, V., & Tlustý, P. (2020). Power, muscle, and Take-Off Asymmetry in Young Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(17), 6040. Sloužila jako pilotní studie této diplomové práce. Výsledky této práce podpořily naše závěry na větším počtu probandů.

3 Přehled poznatků

3.1 Běhy na střední a dlouhé tratě

Ne nadarmo se říká, že atletika je královnou sportů. A to možná proto, že je natolik rozšířená po celém světě. Atletika má bohatou historii a její kořeny sahají až do starověkého Řecka. V dnešní době IAAF sdružuje 214 členských zemí, a to je nejvíce, ze všech sportovních odvětví (Šimon et al., 1998). Mezi atletickými disciplínami můžeme shledat naprosto od sebe odlišné disciplíny jako je běh, hod, vrh, skok a jiné disciplíny, které jsou využitelné i v běžném životě. V dnešní době se mezi nejvýznamnějšími soutěžemi, jako jsou olympijské hry či mistrovství, objevuje 23 atletických disciplín pro ženy a 24 disciplín pro muže. Různorodost atletických disciplín je dobrým základem pro další sporty. Výkony jsou snadno a objektivně měřitelné a je možné je porovnávat (Jeřábek, 2008). Podle Kaplana a Válkové (2009) právě atletika může pomoci k všestrannému rozvoji dětí v atletických klubech i na základních školách.

Běh patří mezi jeden ze základních pohybových projevů lidské existence. Tvoří základ pro řadu sportovních odvětví (Heller, 2018). Člověk může začít běhat prakticky v každém věku, pokud nehrozí riziko přetěžování nosných kloubů, může být právě běh vhodným rekreačním sportem, jak pro mladistvé, tak pro sportovce ve vyšším věku. Běh uspokojuje základní životně důležitou potřebu člověka a to potřebu pohybu (Kervitcer, 1981). Atletické běhy se rozdělují na několik kategorií podle délky úseku. Od krátkých sprintů, které svou délkou dosahují maximálně 200 m, přes dlouhé sprinty, které dosahují délky 500 m, další kategorií jsou střední tratě, které jsou dlouhé 800 m až 1500 m. Při tratích delších více než 100 m musí běžec běžet v zatáčce. Atleti běhají na atletickém ovále výhradně levotočivé zatáčky (Heller, 2018).

Ayres a Gottlieb (2006) realizovali výzkum výskytu zranění u sprinterů, kde se snažili zjistit, zda právě běh na 400 metrovém oválu je důvodem zranění dolních končetin. Porovnávali potíže na pravé a levé dolní končetině. Vybraní atleti si nejvíce stěžovali na bolesti hamstringů a kyčlí, přičemž problémy na levé straně těla se převýšily v poměru 2:1 oproti pravé straně těla. Autoři tvrdí, že právě neustálý běh prováděný proti směru hodinových ručiček je důvodem těchto problémů. Vhodné je tento problém kompenzovat tréninkem ve směru hodinových ručiček či tréninkem mimo atletický ovál (Ayres & Gottlieb, 2006).

Běh je umožněn díky pákovým, vnitřním a vnějším faktorům, mezi které patří i třecí síla při reakci s podložkou, odpor prostředí, zemská přitažlivost a při běhu v zatáčce dochází i k působení odstředivé síly. Běh do zatáčky je z pohledu techniky běhu obtížnější než na přímé trati, běžec překonává odstředivou sílu, kterou kompenzuje náklonem trupu těla do zatáčky. Chodidlo se při došlapu na podložku natáčí mírně dovnitř. Při běhu v zatáčce dochází k nesouměrnému rozsahu práce nohou, kroky jsou kratší, vnější končetina překonává větší vzdálenost než končetina vnitřní (Nosek & Valter, 2010). Úhel vyklonění trupu do zatáčky je závislý hlavně na rychlosti běhu. Z hlediska biomechaniky nemají běžci v zatáčce stejné podmínky. Při běhu ve více drahách je výhodnější běžet ve vnější dráze, protože poměry se přibližují poměrům při pohybu přímočarým, atlet se nemusí při běhu po vnější dráze trupem tolik naklánět do zatáčky (Prukner & Machová, 2011).

3.2 Lateralita

Lateralita se vyvinula během evoluce člověka. Vychází z latinského slova „latus“, které v překladu znamená bok nebo strana. Jedná se o asymetrii hybných nebo smyslových orgánů. Projevuje se zejména v preferenci jedné horní či dolní končetiny ve vztahu k motorickým dovednostem. Lateralita ovlivňuje provádění pohybu i dosažený výkon (Hepper, 2013 & Sainburg, 2016). Lateralitu je možné definovat jako funkční převahu jednoho z párových pohybových či smyslových orgánů. Denně se setkáváme s úkony, které si žádají zapojení pouze jednoho z párových orgánů. A právě z tohoto důvodu si nevědomky upevňujeme dominanci jedné strany, a to, aniž bychom se to snažili jakýmkoliv způsobem korigovat (Kasa, 2001). Zelinková (2003) říká, že lateralitu je možné definovat jako preferenční používání jednoho párového orgánu nad druhým. Jde o dominanci odpovídajících korových polí v mozku. Lateralitu je možné rozdělit na dvě skupiny podle toho, zda jde o funkční nebo tvarovou nesouměrnost. Do skupiny tvarové asymetrie řadíme například nesouměrnost tváře. Při porovnání levé a pravé strany obličeje jsou vidět značné rozdíly. Do skupiny funkční asymetrie patří preferenční užívání jednoho párového orgánu nad tím druhým (Zelinková, 2003).

Laterální dominance se vyznačuje patrnými odlišnostmi a převahou ve tvaru či výkonnosti jednoho párového orgánu nad druhým. Přesné příčiny a vznik laterality

nejsou jasné. Ovšem za nejčastější příčiny laterality se považuje převaha jedné hemisféry mozku, vliv okolního prostředí či dědičnost (Kasa, 2001).

Projev laterality u horních končetin se označuje jako pravorukost či levorukost. Stejně tak se v praxi rozlišuje lateralita u dolních končetin, očí i uší (Kasa, 2001). Upřednostnění pravé strany těla se odborně nazývá dextrie. Preferování levé strany těla nad pravou se nazývá sinistrie. Existuje také varianta, kde je lateralita nevyhraněná a takovému případu se pojmenovává ambidextrie. Ambidextrie se projevuje tak, že jedinci neupřednostňují ani jednu stranu. Ambidextrie neboli nevyhraněná lateralita se velmi často projevuje u dětí v předškolním věku. Takové děti mohou mít problém s příchodem do školy, protože jim dělá problém psaní, často si přendávají tužku z pravé ruky do levé a píšou oběma rukama (Kasa, 2001 & Zelinková, 2003).

Zhruba 90 % populace preferuje pravou horní končetinu při pracovních i fyzických aktivitách. Pouze 25-45 % populace upřednostňuje pravou dolní končetinu pro realizaci například skoků nebo odrazů (Cuk, 2001). Preference dolní končetiny může být ovlivněna potřebou vyšší mozkové aktivace ve srovnání s pohybem horní končetiny. Velkou roli zde může hrát i distální poloha svalů dolních končetin. Dále může být lateralita ovlivněna různými faktory, což může být například genetika, porodní stres nebo hormonální aktivita. Tyto faktory mohou ovlivnit její formu, a to i v raném postnatálním období (Alibejk, 2010 & Kapleri, 2006).

3.2.1 Vývojový aspekt laterality

Asymetrii nevnímáme pouze u lidí, ale můžeme si jí všimnout i u nižších savců. Například levotočivost či pravotočivost aminokyselin a nukleových kyselin. Lateralita je vnímána jako vyšší vývojový znak, tzn. čím je živočich výše na vývojovém žebříčku, tím větší asymetrii zjišťujeme (Lipková, 1999).

V době kamenné se vyskytoval zhruba stejný počet leváků jako praváků, tento fakt potvrzují nálezy z této doby. S nástupem doby bronzové začala převažovat pravorukost. Dokazují to nálezy z této doby, které byly zpracovány hlavně pro používání pravé ruky (Lipková, 1999).

V 17. století byla sinistralita považována za symbol špatnosti, který byl trestán smrtí. Leváci se skrývali, byli násilně trestáni ve školství i v rodině ještě v 19. století. Vznikla dextrální společnost, která se odrážela i v řeči verbální či nonverbální. Řecké slovo „dexios“ v překladu znamená pravý či chytrý. V latinském jazyce existuje pojem

„dexter“ což v přeneseném významu znamená zručný či obratný. V moderním anglickém jazyce máme slovo „right“ což v překladu znamená pravý, ale také poctivý či pravdivý. I v českém jazyce máme výrazy jako pravý muž, pravost rukopisů. V nonverbální komunikaci máme podání pravice, což znamená příchod v míru, beze zbraně (Drnková & Syllabová, 1983). Naopak levý či levoruký běžně vyjadřovalo zápor. V řeckém jazyce slovo „laois“ znamenalo neobratný, špatný. V českém jazyce, pokud řekneme někomu, že je levý, myslíme tím, že je nešikovný či nepoctivý. Pokud se narodilo dítě, které bylo nemanželské, říkalo se o něm, že je levoboček. Pokud se člověku nedaří, traduje se, že vstal levou nohou (Drnková & Syllabová, 1983). Ovšem ne ve všech kulturách se leváctví bralo jako něco špatného. V Číně podle tradic byla levice spojována s aktivním symbolem života, a naopak pravice byla spojována se smrtí. V hebrejštině se dodnes používá způsob psaní doleva. Nebo africké kmeny měly určeno, že pravá ruka slouží k používání zbraní, naopak levá k objímání žen (Drnková & Syllabová, 1983).

V druhé polovině minulého století se objevil větší zájem o zkoumání nesouměrné činnosti pravé a levé mozkové hemisféry a s tím se začala zkoumat i lateralita (Lipková, 1999). Zkoumání laterality člověka začalo přibližně před 150 lety. Výzkumy ukázaly, že lateralita je jedním z výjimečných znaků člověka a je výraznějším a důležitějším činitelem, než si široká veřejnost uvědomuje (Drnková & Syllabová, 1983). Bylo potvrzeno, že přeučování na nadřazený orgán komplexně naruší osobnost jedince. Roku 1967 vydalo ministerstvo školství pokyn ke zrušení přeučování levorukých žáků na pravoruké (Drnková & Syllabová, 1991).

I přes to, že uběhlo více než padesát let, setkáváme se s dětmi, u kterých nebyla lateralita správně rozpoznána a byla potlačena. Mezi mladou generací se v současnosti nachází dvakrát více leváků než mezi generací starší (Healey, 2002).

3.2.2 Vliv genetiky a dominance mozkových hemisfér

Pokud se zaměříme na vývoj lidského plodu, zjistíme, že na vzniku se nejvíc podílejí především genetické vlivy. V průběhu nitroděložního vývoje vkládá 95 % plodů pravý palec do úst v období Mezi 12. – 27. týdnem. Nitroděložního vývoje pohybuje pravou rukou až 83 % plodů. Dále může vznik laterality ovlivnit nitroděložní prostředí. Geschwindova – Galaburdova teorie se domnívá, že na vývoji dominance hemisfér má

za vinu hladina nitroděložního testosteronu. V tomto období dochází k pomalejšímu vývoji levé hemisféry než hemisféry pravé (Koukolík, 2000).

Matějček (1975) zdůrazňuje, že ustálení preference jedné z končetin je až v 8 letech života dítěte. Pokud má dítě oba rodiče praváky, je 90% šance, že dítě bude pravák. Naopak když jsou oba rodiče leváci, šance vzroste z 10 % na 27 %. Pokud je levákem otec, je 16% šance, že dítě bude levák, ovšem je-li matka levačka, šance vzroste na 20 %. To znamená, že i kdyby byli oba rodiče leváci, není pravidlem, že dítě bude levák. Ovšem o tom vypovídá i fakt, že pouze 9 % populace jsou leváci (Lipková, 1999). Preference jedné ze stran je zřejmá už ve třech letech dítěte a je zde určující vrozený základ dominance mozkových hemisfér. Ve čtvrtém roce života je laterální preference výraznější. A ukáže se to tak, že jedinec nějaké činnosti vykonává lépe jednou rukou, tuto ruku používá hlavně ve složitějších úkonech, které jsou náročné na koordinaci (Zelinková, 2001).

Velmi důležitý je fakt, jakým způsobem je schopen mozek ovlivnit lateralitu. Mozek je nejsložitější organickou strukturou v lidském těle. Společně s míchou tvoří centrální nervový systém. Mozek se člení na tři části, a to na mozeček, velký mozek a mozkový kmen. Mozeček se skládá ze dvou laloků propojených mozečkovým červem. V mozečku jsou uložena centra koordinace, rovnováhy, jemné a hrubé motoriky a držení těla. Mozkový kmen je složen z Varolova mostu, prodloužené míchy, mezimozku a středního mozku. Ve středním mozku je uloženo centrum bolesti a závislosti. Prodloužená mícha koordinuje tlukot srdce, zvracení či dýchání. Pokud nastane zranění prodloužené míchy, nastane okamžitá smrt (Healey, 2002). Mozek je rozdělen laterálně na dvě hemisféry, pravou a levou. Jedna z polovin je dominantní. Obě hemisféry pracují kontralaterálně a to tak, že pravá polovina mozku řídí levou polovinu těla a informace z levé strany těla jsou vysílány do pravé hemisféry mozku. Praváci to mají přesně naopak (Sovák, 1979).

Healey (2002) říká, že lidé nemají dominantní celou jednu či druhou stranu mozku, ale spíše určité části mozku řídí určité procesy, ale neovládá je úplně. Tento fakt je velmi důležitý pro porozumění lateralitě, protože rozdíl mezi funkcemi spočívá v tom, co která hemisféra ovládá. Na levé hemisféře je uloženo centrum myšlení logického a analytického, uvažování dále řídí pochopení významu slov a slovní zásoby společně se čtením a psaním a řídí i motorické činnosti. Má velký význam pro intelekt

nebo optimismus. Pravá hemisféra zastupuje myšlení komplexní a syntetické, díky ní má člověk schopnost orientovat se v prostoru, má bohatou obrazovou představivost, má cit pro intuici a empatii. Dále díky této hemisféře má člověk umělecké dovednosti (Zoche, 2006). Brierley (2000) konstatuje, že díky pravé hemisféře je člověk schopen tančit, pamatovat si obličeje jiných lidí, specializuje se na nápady a také snění (Brierley, 2000).

Obě hemisféry jsou rozdílné a nejsou stejně silné. Každý člověk má silnější neboli dominantnější jednu z nich. U leváka pravá hemisféra a u praváka naopak levá. A proto jsou leváci odlišní od praváků, protože řízení, reakce nebo způsoby pohledu jsou u nich vystavené jiným mozkovým procesům (Zoche, 2006). Ovšem obě hemisféry spolu velmi úzce spolupracují. Předchozí tvrzení neznámá, že by hemisféry měly fungovat odděleně. Pouze když spolu obě spolupracují, kontrolují se a potlačují nadměrnou aktivitu, umožňují tak klidný průběh psychických pochodů, který je důležitý pro optimální vývoj psychických funkcí (Synek, 1991).

Vrozeně je člověku dána preference jedné z mozkových hemisfér, čemuž se říká genotyp, který je trvalý. Jedná se o soubor dědičně zakódovaných akčních možností každé buňky, orgánu či celého organismu. Nejedná se o tvarový jev, a to z toho důvodu, že podléhá vlivům svého prostředí a výchovy. Může se stát, že se typ laterality přetvoří na odlišný od typu vrozeného. Na vrozený genotyp výrazně působí tlak pravoruké civilizace. Tímto tlakem se pravoruký genotyp posiluje, ovšem levoruký je potlačován a v některých případech přetvářen k pravorukosti (Sovák, 1962). Získaná laterality se nazývá fenotyp. Jedná se o působení, jak dědičných činitelů, tzn. genotypu, tak prostředí. Při správném vedení se může stát z genotypického leváka fenotypický levák, a naopak pod pravostranným násilím se z genotypického leváka stává fenotypický pravák (Sovák, 1962).

3.2.3 Druhy laterality

Prvním druhem laterality je ambidextrie, což znamená nevyhranění ani jedné mozkové hemisféry. Jedinec střídá obě strany orgánů buď stejně obratně nebo stejně neobratně. Jedná se o takzvanou nevyhraněnou laterality (Sovák, 1962). Jedinec uchopuje předměty střídavě, je mu jedno, zda uchopí předmět do pravé nebo do levé ruky a to značí, že se mísí otisky na hemisférách. Jak již bylo řečeno, tak ustálení preferované končetiny nastává až v 8 letech života, do té doby se nevyhraněnost

nepovažuje za závažný problém, protože se dokončuje upevňování dominance. Střídání končetin je v pořádku, pokud se volba končetiny při opakování stejné činnosti neliší (Matějček, 1975). U obouručného dítěte je výhodné pravoruké prostředí aspoň tím, že podporuje funkční převahu jedné z hemisfér. Pravoruké prostředí vyžaduje přednostní užívání pravé ruky, ale protože u dítěte chybí přirozený podklad k preferovanému užívání jedné strany, tak dítě zároveň uplatňuje i ruku levou (Sovák, 1962). Ovšem Drnková a Syllabová (1991) říkají, že obounohost je považována za velkou výhodu, a to hlavně ve sportu, kde je považována za hráčské umění. Člověk, který preferuje jednu stranu u všech párových orgánů disponuje souhlasným druhem laterality. Pokud se jedná o souhlasný druh laterality, jedná se o převahu jedné strany u všech párových orgánů. Tedy dominantní ruka a oko jsou stejnostranné (Sovák, 1962).

Dalším druhem laterality je lateralita nesouhlasná. Opět ji sledujeme u všech párových orgánů. Pokud alespoň jeden z orgánů dominuje protilehlou stranou, jde o lateralitu nesouhlasnou, občas se uvádí i jako lateralita zkřížená. Ke křížení dochází mezi vedoucími motorickými orgány a protilehlými smyslovými orgány. Problém nastává, pokud jedinec preferuje protilehlé oko než paži. Pokud jde o fixaci předmětu, působí vedoucí oko. Obraz vzniká v obou hemisférách, ale obrazové vyhodnocení se uskuteční na straně, kde se nachází oko preferované. Tzn. že obrazy na druhé polokouli jsou potlačovány (Sovák, 1962).

Pokud jde o posouzení končetin, trupu a hlavy, kde jde o zkoumání asymetrie tvaru, velikosti a objemu párových orgánů nebo polovin orgánů nepárových, jedná se o lateralitu tvarovou. Nejvýraznější tvarové rozdíly jsou na hlavě, a to jak na lebce, tak na obličeji. Pokud jde o posouzení jednoho z orgánů, kde jde o sledování rozdílů ve funkcích párových orgánů, jedná se o lateralitu funkční. Čím vyšší je funkce, tím větší je sklon k asymetrii. Jde o přednostní užívání nejen ruky nebo nohy, ale třeba i oka nebo ucha. Je dokonce možné najít rozdíly v citivosti podle střední roviny těla. Funkční lateralita se neprojevuje hned od narození. Začíná se zdokonalovat až během dalšího vývoje (Sovák, 1962).

3.2.4 Testy laterality

Pozorování člověka při spontánních činnostech je první krok k určení laterality. Důležité je sledovat jedince v přirozených situacích jako je například zívání, zvedání telefonu či obouvání bot. Těchto věcí by si měli všimnout hlavně rodiče v dětství (Kříšťánová, 1998).

Zkoušky opakujeme několikrát za různých okolností a upravujeme je podle věku a mentality testované osoby. Testovací předmět dáváme jedinci do středu těla, aby bylo možné jej uchopit spravedlivě jak pravou, tak levou končetinou. Pokud byl úkon proveden pravou končetinou zaznamenáváme do záznamového archu písmeno P, pokud byla použita levá, píše se L. V případě použití obou končetin nebo pokud došlo k jejich střídání, zapíšeme do archu písmeno A. Z výsledků se vypočítá stranová preference. V případě, že se zjistí nevyhraněná laterality, pokračuje se zkouškou vyhraněnosti oka (Drnková & Syllabová, 1991).

Testy horních končetin

Ke stanovení laterality horních končetin lze použít rychlotesty jako je například podpis či kreslení u mladších jedinců, dále hod míčkem vertikálně jednou rukou, zapálení sirky, zatlučení hřebíku, hod na terč, navlečení nitě nebo otevírání knihy. Dále je možné využít každodenních činností, jako je krájení, či čištění zubů (Zoche, 2006).

Další možností stanovení vyhraněnosti je sada 15 zkoušek. Pokud jsou tři testy ze sady pozitivní, ukazuje to sklon k levorukosti. Pokud je alespoň 12 testů pozitivních, jedná se o vyslovené leváctví. První test ze sady je pozice palce při sepnutí rukou, dále pozice ruky při založení rukou, rozdávání karet, ukazování prstem, hod a sběr míčku, pozice rukou při tleskání, kroužení oběma rukama vlevo, ořezávání tužky, zapnutí knoflíku, smotávání provázku, uchopení předmětů, zatlukání, určení velikosti palce a dlaně a zkouška dynamometrem (Sovák, 1962).

Drnková a Syllabová (1991) rozdělují testy na unimanuální, bimanuální a manuální preference. Unimanuální preference jsou třeba hody míčkem na terč, vkládání korálků do misky a zasouvání kolíčků. Testy na bimanuální preference jsou například tleskání, navlékání korálků nebo stavění věží. A manuální preference je tečkovací test nebo rozdávání karet, kde se porovnává výkon jedné a druhé ruky.

Testy dolních končetin

Preferovanou dolní končetinu lze určit při obouvání bot, zimních nebo míčových sportech. Dominantní končetinou se stává ta, která je schopná provést přesnější a obratnější pohyb, té se říká noha švihová tzn. noha která jde nahoru. Obrazová končetina je zdatnější v silových výkonech (Drnková & Syllabová, 1991). Další test, jak zjistíme preferovanou dolní končetinu je běžná chůze. Noha, kterou jedinec vykročí, je preferovanou končetinou. Nejlepší zkouškou pro zjištění laterality dolních končetin je kop do míče, udupání ohně, skoky na jedné noze, zvedání nohy co nejvýš v sedu, nasedání na kolo, výstupy na bednu (Sovák, 1962).

Testy ucha, oka

Pro zjištění preferovaného oka lze využít zkoušek, které zjišťují směrovost a zaměřenost vidění. Pro zjištění směrovosti vidění srolujeme papír do kornoutu. Širší otvor si jedinec přiloží k obličeji a jeho úkolem je podívat se na obrázek, který je mu předkládán. Tento test je opakován třikrát, pokaždé s jiným obrázkem. Vyhraněné oko se je situováno na obrázek, druhé oko do kornoutu. Pro zjištění zaměřenosti vidění vytvoříme z papíru kukátko. Jedinec se do něj podívá. Opět se test opakuje třikrát. Vyhraněné oko je to, které se podívalo do kukátka (Matějček, 1975).

Jedno ucho je vnímavější pro řeč a druhé pro hudbu, hluk a jiné zvuky. U praváku je pravé ucho vnímavější pro řečové podněty, zatímco levé pro hluk, hudbu a veškeré neřečové zvuky. U leváků se taková pravidelnost nevyskytuje (Drnková & Syllabová, 1983).

3.2.5 Formy laterality

Hlavními projevy motorické laterality je nohovost, rukovost a točivost. Spousta sportovních dovedností má senzomotorickou povahu, kde je hlavním smyslovým orgánem oko neboli zrak, mluvíme také o zrakovosti (Měkota, 1983).

3.2.6 Stupně laterality

Drnková a Syllabová (1991) tvrdí, že stupeň laterality se obvykle formuluje dle kvocientu pravorukosti či indexu laterality.

Matějček (1975) tvrdí, že existuje pět stupňů laterality, které lze vyjádřit buď pomocí indexu laterality nebo pomocí kvocientu pravorukosti a jsou to přesně:

Stupeň	Název	DQ
P	Vyhraněné praváctví	100-90
P-	Méně vyhraněné praváctví	89-75
A	Ambidextrie	74-50
L-	Méně vyhraněné leváctví	49-25
L	Vyhraněné leváctví	24-0

Tabulka 1: Stupně laterality.

Vzorec, který napomáhá k vypočtení indexu laterality se nazývá Cuffův.

$$L_i = 100x \frac{P - L}{P + L}$$

Písmeno P značí počet úloh, které jsou vypracovány pravou rukou, nohou, okem či uchem. Pod písmenem L jsou úlohy, které jsou vypracované levou rukou, nohou, okem či uchem. Výsledné číslo se pohybuje mezi hodnotami +100 až -100. Kladné hodnoty nám značí stupeň praváctví, a naopak čísla v záporných hodnotách označují stupeň leváctví. Kvocient pravorukosti se počítá tak, že se sečtou veškeré pravostranné úkoly, k nim se přičte $\frac{1}{2}$ aktivit, které byly vyhodnoceny jako nevyhraněné. To celé se vydělí počtem veškerých vykonaných úloh a celý výsledek se vynásobí stem. To znamená, že kvocient pravorukosti vyjadřuje počet pravostranných aktivit v % (Drnková & Syllabová 1991).

$$Dq \frac{P + \frac{A}{2}}{n} x 100$$

3.2.7 Lateralita a sport

Lateralita hraje velmi důležitou roli v mnoha sportech, které preferují jednu z končetin při vykonávání sportu. Je významná hlavně v případě, kdy se párové končetiny nezapojují současně. Pohybové návyky jsou rychleji a kvalitněji prováděny preferovanou stranou. Jde například o tenis, hokej, fotbal atd. Tempo hry stále roste a hráči, kteří jsou schopni hrát oběma končetinami, jsou ve hře užitečnější a mnohem cennější pro tým než hráči s preferencí pouze jedné končetiny (Stöckel & Carey, 2016).

Stöckel a Carey (2016) říkají, že čím vyšší je úroveň sportovců, tím nižší je jejich preference pro jejich dominantní končetinu ve specifických dovednostech. S výjimkou některých vnitřních orgánů je člověk symetrický v důsledku vývoje. Asymetrie je snesitelná a do určité míry ji jedinec kompenzuje, ovšem pokud asymetrie překročí tuto snesitelnou mez, tak se pravděpodobnost újmy na zdraví výrazně zvětšuje. Proto

existují důvody, které podporují symetrický vývoj jednice v naprosté většině sportů. Při nerovnoměrném pohybu se vyskytují nerovnováhy, které jsou založeny na asymetrii v množství svalové hmoty, u některých svalů se objevuje jejich zkrácení, a naopak u některých oslabení. Pokud se objeví rozdíl v množství svalové hmoty mezi končetinami, může nastat přetížení jedné končetiny, a to může způsobit větší únavu, která může zvýšit riziko poškození a poranění tkáně (Vagenas & Hoshizaki, 1992; Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010).

Fyzický vývoj během dospívání ovlivňuje úroveň hráčů a zlepšení fyzické výkonnosti může minimalizovat rozsah asymetrie a tím zlepšit prevenci zranění (Sainburg, 2016). Snaha o pohyb a strukturální rovnováhu je ve sportu důležitá i z lékařského hlediska, a to z toho důvodu, že některé asymetrie mohou zvýšit riziko zranění (Vagenas & Hoshizaki, 1992).

Pohybové návyky se snadněji ukládají do paměti, pokud jsou vykonávány na dominantní stranu, proto je doporučováno začít s tréninkem na dominantní stranu a až poté na stranu nedominantní. Lateralita se projevuje při sportu, jak při pohybových schopnostech, tak při pohybových dovednostech. Hlavně při pohybových dovednostech se doporučuje odstranění upřednostňování jedné strany. Preference je velmi nežádoucí hlavně u sportů, kde dochází k náhlým a neočekávaným reakcím. Je důležité, aby byl trénink zaměřen oboustranně, pokud tomu tak není, dochází k nedostatečnému vývoji činností zanedbávané strany těla (Zvonař, et al., 2011).

Yamauchi a Ishii (2007) tvrdí, že u trénovaných sportovců s dobrými rychlostními předpoklady může být síla, při provádění fyzické aktivity založené na vzletu, důležitějším faktorem než rychlost.

3.2.8 Lateralita horních a dolních končetin

Činnost dolních končetin je řízena velkými centry, která se nachází v čelním laloku v motorické oblasti mozku. V dolních částech stejné oblasti se nachází i centra pro řízení pohybu horních končetin. Jak u dolních, tak i u horních končetin se nervové dráhy na cestě k předním rohům míšním zkříží. To vysvětluje fakt, že buňky jedné mozkové hemisféry ovládají svaly na opačné straně těla (Měkota, 1983).

Už ve stádiu plodu je vidět morfologická nesouměrnost dolních končetin tak, že u pravorukých jedinců je silnější levá dolní končetina (Měkota, 1983). Jako dominantní dolní končetina byla považována ta silnější. Tvzení o překřížené lateralitě horních

a dolních končetin nabralo pochybnosti, protože při činnostech jako je kop či šlapání na kole je obvykle aktivnější dolní končetina na straně preferované ruky. Bylo prokázáno, že morfologicky silnější noha nebývá obratnější ani výkonnostně přesnější. Většinou to bývá noha na straně preferované ruky (Drnková & Syllabová, 1983).

Při běžných unimanuálních činnostech se velmi výrazně upřednostňuje preferovaná horní končetina, jedná se o takové činnosti, kde využíváme pouze jednu ruku. To je například uchopení hřebenu, klíčů nebo tužky. Do preferované horní končetiny uchopujeme i výzbroj při sportu, jako je například tenisová raketa, baseballová pálka či vrhačská koule. Není ovšem pravidlem, že se využívá vždy jen preferované paže. Při činnostech, kde je zapotřebí práce obou končetin provádí preferovaná horní končetina složitější úkony. Nepreferovaná končetina vykonává pomocnou činnost, tj. fixace či přidržování předmětu, kterým se manipuluje. Ve sportu se nepreferovaná končetina využívá stejným způsobem. Volejbalista nepreferovanou paží nadhazuje míč na podání. Lukostřelec drží luk v nepreferované paži (Měkota, 1983).

3.3 Tělesné složení

Pařízková (1998) tvrdí, že tělesné složení je jedním z nejdůležitějších ukazatelů vývojového stupně v průběhu ontogeneze. Jedná se o jednu ze základních diagnostik, která slouží k posouzení úrovně trénovanosti či posouzení zdravotního stavu. Kvalitu aktivní tělesné hmoty lze využít k porovnání trénovanosti nebo posouzení účinku diety či tréninku (Balaš, 2016).

Tuk je nejvariabilnější komponentou složení těla. Jde lehce ovlivnit výživou a pohybovou aktivitou. Jde o významný faktor při vzniku či průběhu mnoha nemocí (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Tělesné složení je z velké části ovlivněno geneticky. Velkou roli ovšem hrají i exogenní vlivy, jako je celkový zdravotní stav organismu, výživa a pohybová aktivita jedince. Optimální složení těla u zdravých dospělých mužů je 62,4 % vody, 5,8 % minerálních látek, 16,5 % bílkovin a 15,3 % tělesného tuku. U žen to je 56,5 % vody, 5,3 % minerálních látek, 15,2 % bílkovin a 23 % tělesného tuku. Ženy mají procentuálně větší množství tělesného tuku než muži, tento rozdíl se začne projevovat až v období puberty (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

3.3.1 Tukuprostá tkáň

Neboli aktivní tělesná hmotnost, která je značena zkratkou ATH. Jedná se o tukuprostou hmotu a malé množství esenciálního tuku. U žen toto malé množství tvoří zhruba 5-8 %. Není možné odlišit esenciální a neesenciální tuk. Proto je doporučeno brát tukuprostou hmotu jako rozdíl celkové hmotnosti od extrahovaného tuku (Behnke, 2006). Zahrnuje relativní zastoupení svalstva a parenchymatózních orgánů, kam patří slezina, ledviny a játra (Pařízková, 1998).

Grasgruber a Cacek (2008) tvrdí, že aktivní tělesná hmota je tvořena přibližně z 60 % svalstvem, z 25 % kostmi a z 15 % vnitřními orgány.

3.3.2 Svalstvo

Podle Grasgruber a Cacek (2008) lidské tělo obsahuje přibližně 600 svalů, které jsou tvořeny ze 70 % vodou a z 20 % bílkovinami. Hmotnost svalstva u dospělého muže dosahuje zhruba 36 % celkové tělesné hmotnosti u žen se hmotnost svalstva pohybuje okolo 32 % hmotnosti (Kopecký et al., 2012). Práce svalové soustavy je statická i dynamická. Její dynamická funkce slouží k pohybu celého těla nebo jednotlivých segmentů. Při statické funkci udržují jednotlivé kloubní plochy v kontaktu a zabezpečují polohu těla. Při svalové práci se tvoří tělesné teplo (Šmolík et al., 1985).

K největšímu nárůstu svalstva u žen dochází kolem 13 let, u mužů se největší nárůst projevuje o trochu déle a to mezi 15 a 17 rokem. Rozvoj svalstva je poměrně stabilní mezi 15-60 lety u žen a mezi 17-40 lety u mužů, potom následuje degradace. U neaktivních jedinců se degradace objevuje mnohem dříve, přibližně od 25 roka života (Grasgruber & Cacek, 2008).

V lidském těle se nacházejí tři typy svalové tkáně. Kosterní neboli příčně pruhované svalstvo, hladké svalstvo a srdeční svalstvo. Hladké svalstvo tvoří svalové vrstvy ve vnitřních dutých orgánech a cévách. Tento typ svaloviny se nedá vědomě ovládat a stahuje se velmi pomalu. Při jejím stahu se spotřebuje velmi malé množství energie. Srdeční svalovina neboli myokard je tvořena příčně pruhovaným svalstvem, které se automaticky a rytmicky stahuje. Jeho práce se opět nedá ovládat vůlí. Rytmické stahy začínají v sinoatriálním uzlu, odkud se šíří šikmo dolů do zbytku myokardu, kdy se v první řadě stáhne svalovina síní a až poté svalovina komor, aby došlo k vypuzení krve do krevního oběhu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Kosterní svalstvo je nejobjemnější část lidského těla. Kosterní svalstvo bývá většinou

párové. Je pro něj typické příčné pruhování a schopnost kontrakce a relaxace. Zhruba 55 % kosterních svalů zastupují dolní končetiny, zbytek se nachází na horních končetinách, trupu nebo hlavě (Karas, Otáhal, & Sušanka, 1990). Kalus (2018) říká, že kosterní svalstvo je jediným typem svalů, které člověk dokáže vědomě ovládat.

Nejdůležitější fyziologickou vlastností je svalový tonus, který připravuje sval ke kontrakci. Ta lze rozdělit na izometrickou a izotonickou. Výsledkem izotonické svalové kontrakce je dynamická svalová práce. Jedná se o stah, kde se přibližuje svalový začátek a úpon a díky tomu se uskuteční pohyb. Při izometrické kontrakci nedochází k pohybu. Této kontrakce je využíváno při výdržích. Při izometrické kontrakci je omezen průtok krve ve svaly, který vykonává činnost. Po tomto cvičení by měl následovat dynamický pohyb a uvolnění, aby došlo k lepšímu prokrvení svaly. Další důležitou vlastností je dráždivost, která umožňuje svalům smrštění se díky nervovému vzruchu (Šmolík et al., 1985).

Jednotlivým svalům lidského těla přísluší určitý typ svalových vláken, která dělíme na:

Pomalá oxidativní červená vlákna

Tato vlákna obsahují velké množství myoglobinu, což je protein, který dokáže přenášet kyslík svalem. Jmenují se červená, protože mají skvělou oxidační kapacitu a jsou velmi pomalu unavitelná. Ze všech typů mají největší hustotu prokrvení. Jejich smrštění je pomalé. Využívají lépe ATP energii, která je uložena přímo ve svalech. Fungují na metabolismu, který produkuje nejmenší množství odpadních látek a nazývá se aerobní metabolismus (Kalus, 2018).

Tomuto typu svalů se přezdívá tonické. Mohou nést také označení I či SO (slow oxidative). Mají velký počet mitochondrií, myoglobinu a nutritivních kapilár. Nachází se zde malé množství myofibril, které tvoří kontraktilní aparát svalového vlákna (Dylevský, 2009). Tonická svalová vlákna se velmi dobře uplatňují u vytrvalostních sportů jako maraton, triatlon nebo cyklistika (Kalus, 2018).

Rychlá červená oxidativní vlákna

Dalším typem svalových vláken jsou rychlá červená oxidativní vlákna, které stále obsahují velké množství mitochondrií, jsou odolná vůči únavě a rychle regenerují (Kalus, 2018).

Pro tento typ svalů využíváme název fázická svalová vlákna. Může se jim přezdívát Ia nebo fast twitch oxidative glycolytic (FTOG). Je pro ně typický vysoký počet myofibril a o něco menší počet mitochondrií. Jsou vhodné pro pohyby vykonávané velkou silou a rychlostí pohybu (Dylevský, 2009). Rychlá červená svalová vlákna se využívají k výkonům submaximální intenzity, jako jsou běhy na 400 m nebo 800 m (Kalus, 2018).

Rychlá bílá vlákna

Mají velmi nízkou oxidativní kapacitu, malý počet mitochondrií a kontrakce je desetkrát rychlejší než u pomalých oxidativních červených vláken. Vyznačují se rychlou unavitelností. Fungují na anaerobním energetickém metabolismu, a proto se ve svalech hromadí laktát a vodíkové ionty, tzn., že výkon se bude velmi rychle zhoršovat (Kalus, 2018).

Tato vlákna mohou nést název Ib nebo FG (fast glykolytic). Obsahují malé množství myoglobinu, oxidativních enzymů i kapilár. Jsou vhodné pro rychlý stah s maximální silou (Dylevský, 2009). Kalus (2018) tvrdí, že tento typ svalových vláken je využíván u činností vykonávaných maximální intenzitou. Jde o činnosti jako je například sprint nebo skoky.

Přechodná vlákna

Jedná se o kompromis mezi rychlými a pomalými svalovými vlákny. U mladších jedinců se tento typ vyskytuje velmi málo. Přibližně 5 % z celkového počtu všech svalových vláken. S věkem procento hybridních svalových vláken zvyšuje svůj výskyt až na 30 % (Kalus, 2018).

3.3.3 Tuková tkáň

Neboli pojivová tkáň je v lidském těle zastoupena jako bílá a hnědá tuková tkáň. Je rezervoárem a zdrojem energie, a proto je důležitá pro lidský metabolismus. Je uložen hlavně pod kůží. Protoplazmatický tuk je malé procento tuku obalující vnitřní orgány, a tak tlumí nárazy a udržuje tělesné teplo (Havlíčková, 1997). Zhruba 30 % pojivové tkáně je tvořeno vodou. Adipocyty jsou tukové buňky, které tvoří vlastní tukovou tkáň. V lidském těle jsou dva druhy těchto buněk, a to bílé a hnědé adipocyty. Buňky jsou spojeny vmezeřeným vazivem a sdružovány do lalůček (Konrádová, 1993).

Bílá tuková tkáň neboli WAT je rezervoárem energie ve formě triacylglycerolu. Pokud by došlo k hladovění, bílá tuková tkáň bude hlavním zdrojem energie. Lidské tělo obsahuje zhruba 20-30 % bílé tukové tkáně z celkové tělesné hmotnosti. Nejvíce se

ukládá pod kůží ve formě podkožního tuku a na břiše ve formě viscerálního tuku. Viscerální tuk se ukládá na životně důležitých orgánech a z tohoto důvodu je škodlivější než podkožní tuk. Jeho zastoupení je na orgánech jako jsou játra, ledviny a orgány v břišní dutině (Hainer, 2011).

Druhým typem tukové tkáně je hnědá tuková tkáň, která se běžně vyskytuje u novorozenců. Je u nich nezbytná pro termoregulaci. Hlavní funkcí této tkáně je tvorba tepla. V malém množství přetrvává v lidském organismu až do dospělosti. Obsahuje velké množství mitochondrií a cytochromů. V literatuře bývá někdy pojmenována zkratkou BAT (Štěpnička, 1971).

3.3.4 Tělesný tuk

Pokud dochází k vyššímu příjmu energie z potravy, než výdeji energie pohybem je tento nadbytek ukládán ve formě tělesného tuku. Jedná se o sledovaný parametr, jako ukazatel tělesné zdatnosti a zdravotního stavu (Kutáč, 2009). Bez tělesného tuku se lidské tělo neobejde, ovšem nadměrné i velmi malé množství tuku působí na tělo negativně. U žen se optimální množství tělesného tuku pohybuje okolo 14-21 %, u mužů okolo 9-15 %. Pokud se v lidském těle nachází nadměrné množství tuku, může způsobit obezitu, cukrovku nebo kardiovaskulární problémy. Naopak malé množství tuku v těle může způsobit migrény, nízký krevní tlak, neschopnost soustředění se a u žen nepravidelnou menstruaci či ztrátu menstruačního cyklu (Dafit, 2021).

Tělesný tuk slouží jako zásobárna energie, pomáhá při termoregulaci a také chrání klouby a orgány. Zajišťuje hormonální rovnováhu těla a je součástí všech buněk v organismu. Je důležitý pro zdravý vývoj. Jedná se o důležitý transportní systém pro vitamíny A, E, D, K, které jsou rozpustné v tucích (Zvonař et al., 2011).

3.3.5 Kostra těla

Lidská kostra se skládá přibližně z 206 kostí, které jsou odlišné jak tvarem, tak velikostí podle své funkce. Kostra je hlavní oporou pro vazy, šlachy a svaly. Jedná se o pasivní složku pohybu. Kostí mohou být spojeny vazivem nebo chrupavkou, což zajišťuje srůst a také pevné spojení kostí. Dále mohou být spojeny kloubně, což zajišťuje pohyblivé spojení. Jedná se o spojení dotykem a k tomu je přizpůsoben tvar kloubních plošek, které pokrývá chrupavka. Uvnitř kloubu je mok, jehož funkcí je neopotřebení kostí a také usnadňuje pohyb (Jarkovská, 2007).

Povrch kosti je celistvý, uvnitř se nachází mřížka trámců a pilířů, jejichž úkolem je zajistit pevnost kostí. Mezi trámci je umístěna kostní dřev, ve které jsou krvetvorné kmenové buňky, které jsou v dlouhých kostech postupně nahrazeny tukovou tkání (Šmolík et al., 1985). Bartůňková et al. (2013) tvrdí, že kosti se dále podílejí na udržování rovnovážného množství vápníku v krvi a také zastávají funkci rezervoáru vápníku. Optimální fyzická zátěž napomáhá k růstu kostí, ovšem dlouhodobá nadměrná fyzická zátěž může způsobit snížení kostní denzity a rozvoj osteoporózy (Bartůňková et al., 2013).

3.4 Zátěžová funkční diagnostika ve sportu

Jedná se o komplexní nástroj pro posouzení tělesné zdatnosti a výkonnosti jedince. Jejím cílem je zjištění fyziologické reakce a adaptace na zátěž, zjištění připravenosti ke sportovnímu výkonu, vyhledávání talentů pro sport, posouzení efektivnosti tréninku a řízení jeho intenzity. Dokáže odhalit skryté poruchy a nemoci (Struhár et al., 2019).

Existuje mnoho postupů a metod, kterými je možné hodnotit zdatnost a výkonnost. Mezi nejvíce využívané se řadí testy laboratorní a terénní. Při laboratorních testech se ve většině případů využívá ergometrů, které mohou být bicyklové, veslařské, běžkařské aj., nebo běžeckých pásů. Tyto laboratorní pomůcky jsou zaměřeny na velké svalové skupiny, aby nebyl jedinec nucen využívat ve velké míře techniku nebo pohybové dovednosti. Bicyklový ergometr je v současné době nejpoužívanější přístroj k provádění funkční diagnostiky (Bartůňková et al., 2013).

Wingate test je test prováděný na bicyklovém ergometru. Patří mezi anaerobní all out testy, které jsou schopné stanovit anaerobní výkon a anaerobní kapacitu v rámci jednoho testu. Během all out testovaný vykonává maximální úsilí po celou dobu testu. Výkon je nejintenzivnější na začátku, v průběhu testu výkon klesá a na konci testu se projevují nejnižší hodnoty. Jedná se o standardní test anaerobního výkonu. Test se provádí na bicyklovém ergometru při maximální intenzitě po dobu 30 vteřin proti konstantní zátěži. Kvůli vysoké zátěži není schopen testovaný udržet počáteční výkon déle než několik vteřin. Zaznamenává se maximální výkon, průměrný výkon, konečný výkon, index únavy, točivý moment, ujetou vzdálenost, srdeční frekvenci, kadenci a rychlost (Bartůňková et al., 2013).

Terénní testy je možné uskutečnit v přirozeném prostředí. Jejich obrovskou výhodou je větší dostupnost oproti laboratorním, je možné je uskutečnit u velkých skupin testovaných a výsledky jsou přímo využitelné v tréninkovém procesu. Nevýhody jsou v reliabilitě testu, co mohou být například klimatické faktory (Hnízdil & Havel, 2012).

4 Projekt práce, jeho organizace a průběh

V našem případě nemůžeme říct, že se jedná o čistý experiment, protože cílová skupina, která byla testována, nebyla vybrána náhodně, ale byl uskutečněn záměrný výběr probandů. Případový vzorek byl vybrán z toho důvodu, že nebylo možné otestovat veškeré atlety. Proto se i zjištěné závěry vztahují pouze na vybranou skupinu atletů. Je nutné podotknout, že se jedná o práci experimentální povahy, takzvaný kvaziexperiment, ale nejde o klasický experiment.

Měření probandů probíhalo v laboratoři zátěžové diagnostiky na katedře tělesné výchovy JČU. Měření probíhalo v prosinci roku 2020 a v lednu roku 2021. Všichni účastníci byli testováni ve stejnou denní dobu, mezi 15. a 16. hodinou, před tréninkem, nejméně 3 hodiny po obědě. Všichni probandi byli standardně poučeni o celkovém průběhu testování. Bylo dodrženo standardizované polohy i provedení veškerých testů. Každý testovaný absolvoval test na maximální výskok na reakční plošině LEM 10 with ProJump, tento test byl dvakrát opakován. Další test, který atleti absolvovali, byl Wingate test. Dále byli probandi provedeni testu kopání a psaní. Časová náročnost na jednoho testovaného svěřence činila maximálně 25 minut.

Probandi byli zapsáni do systému pod přiděleným ID. Testování, kteří již navštívili laboratoř v minulosti, si systém pamatoval a o to byl tento krok zjednodušen. Do souboru byla zapsána tělesná výška v centimetrech, která byla měřena manuálně pomocí antropometrického výškoměru. Dalším údajem, zaznamenávaným do souboru, byl obvod stehna 10 cm nad patelou, obvod stehna v nejširším místě (pod gluteální rýhou) a obvod lýtky v nejširším místě. Obvody byly měřeny na obou dolních končetinách v leže pásovou mírou a výsledky byly zaznamenávány v centimetrech. Pro měření hmotnosti a složení těla probandů byla použita Tanita BC 418 MA. Testovaný vstoupil na Tanitu až po zaznění signálu. Po několika sekundách se naměřila hmotnost a dalším úkolem probanda bylo chytnout madla přístroje do obou rukou. Všechny naměřené hodnoty z Tanity se automaticky ukládaly do programu.

Poté se proband přesunul na reakční plošinu, kde byl proveden test na maximální výskok. Proband vstupoval na desku v sálové obuvi. Výchozí pozice, ze které všichni testování startovali, byla pevně stanovena. Probandi startovali z podřepu (úhel v kolenou 90°) prvně z pravé nohy, poté z levé, ruce v bok. Shromažďované informace

obsahovaly výšku výskoku v metrech a čas intervalu v sekundách. Tento test byl proveden dvakrát na každou nohu.

Po testu na odrazové desce se testovaný přesunul na bicyklový ergometr, nasadil si hrudní pás Polar, který slouží k naměření srdeční frekvence. Probandovi bylo individuálně upraveno sedadlo v horizontální i vertikální rovině a také řídítka, která bylo možné posouvat ve čtyřech směrech (dopředu, dozadu, dolu a nahoru). Před začátkem testu proběhlo poučení o průběhu testu. Testovaný byl nejdříve vyzván k rozšlapání, na které měl pět minut, během rozšlapání držel výkon na 60 otáčkách/min. V době rozšlapání následovala dvě zrychlení na maximální intenzitu. Po uplynutí pěti minut začal samotný test, kdy testovaný po dobu 30 vteřin šlapal maximální intenzitou. Po dokončení testu proběhly 3 minuty na vyjetí, kdy se proband snažil udržet výkon na 60 otáčkách/min.

Dále byl proveden test psaní, kde bylo úkolem probandů se podepsat. Dalším testem byl test kopu, kde měli atleti za úkol rozběh z krátké vzdálenosti a kop na terč v bráně. Čímž jsme stanovili preferenční HK a dominantní DK.

4.1 Charakteristika souboru

Vyšetřovaný vzorek se skládá z 25 adolescentních běžců z klubu TJ Sokol České Budějovice. Průměrný věk testovaných je 18,12 let \pm 4,51 roku, průměrná výška je 174,4 cm \pm 8,9 cm a průměrná váha je 63,5 kg \pm 10,2 kg. Testování probíhalo v prosinci roku 2020. Naměřená data jsme získali z Wingate testu, dále z použití Tanity BC 418 MA a z odrazové desky LEM 10 with ProJump. Nejmladšímu běžci bylo 12 let a nejstaršímu 28 let. Vyšetřovaný vzorek nebyl vybrán náhodně ale záměrně. A to z toho důvodu, že nebylo možné naměřit všechny atlety. Všichni účastníci byli zdraví, nikdo nebyl zraněn nebo v procesu rehabilitace po zranění. Všichni účastníci nebo jejich rodiče podepsali informovaný souhlas. Všechny procedury byly v souladu s estetickými standardy.

4.2 Použité přístroje

Ergometr LODE Excalibur Sport

Tomuto přístroji se přezdívá také zlatý standard v ergometrii. A to díky své spolehlivosti, stabilitě a přesnosti. Jde o nejrozšířenější a nejoblíbenější ergometr na celém světě. Stal se nezbytnou součástí sportovní medicíny nebo výzkumné

laboratoře. Bicyklový ergometr byl vyvinut podle aktuálních potřeb moderní sportovní medicíny. Byl vytvořen tak, aby byl schopen zvládnout extrémní zátěž až do 2500 Wattů, a to z toho důvodu, že výkony testovaných jedinců se stále zvyšují. Ergometr je schopný provést různé testy, jako je například Wingate test, izokinetické testy, testy vysoké intenzity a časové zkoušky (Compek, 2010).

U tohoto bicyklového ergometru lze nastavit vzdálenost a výšku řídítek. Dále lze manipulovat se sedačkou, kde jde nastavit její sklon i vodorovný či svislý posun. V přední části ergometru se nachází displej, na kterém se zobrazuje aktuální hodnota otáček (Compek, 2010).

Tanita BC 418 MA

Jedná se o nášlapnou váhu, která funguje pomocí (BIA) bioelektrické impedanční analýzy. Bioelektrická impedanční analýza je jednoduchá metoda, která nám pomáhá odhadnout složení lidského těla. Analyzátor obsahuje celkem osm katod, které zajišťují segmentální měření. Na spodní platformě jsou vestavěné čtyři katody a zbývající čtyři katody jsou zabudované do ručních madel. Katody fungují tak, že vysílají do těla měřeného elektrické signály. Tyto elektrické signály procházejí tekutinou ve svalech a dalšími tkáněmi. Tkáně vysílají odpor, a právě díky tomu je analyzátor schopen přepočítat složení těla. Tanita BC 418 MA pracuje na základě predikční rovnice, která dokáže stanovit množství tělesných tkání, a to z toho důvodu, že tato rovnice zná základní tělesné parametry a elektrickou impedanci (Fitham, 2021).

Tanita je schopná určit BMI, hmotnost svalové tkáně v kg, celkovou hmotnost v kg, celkovou tělesnou vodu v kg, bazální metabolismus, procento tuku v těle, množství tělesného tuku v kg, rozmezí zdravého tělesného tuku, hmotnost bez tělesného tuku v kg, kostní a svalovou hmotu v kg (Fitham, 2021).

Reakční plošina LEM 10 with ProJump

Reakční plošina je odrazová deska, která dokáže změřit vertikální výskok. Reakční plošina je schopna provést různé testy. Jedná se například o test maximálního výskoku v metrech, průměrnou výšku výskoku v metrech a dobu letu. Dále jsme schopni na odrazové desce provést test vytrvalosti, kde se zaznamenává počet skoků, výška každého výskoku, průměrná výška výskoků v metrech, průměrnou sílu výskoků v metrech, čas kontaktu v sekundách a průměrný čas kontaktu v sekundách (Manual LEM 10 with ProJump, 2015).

Cortex MetaControl 3000

Jde o soustavu přístrojů, která se zabývá spirometrickým měřením. V soustavě přístrojů se nachází analyzátor Metalyzer 3 B CPET, kalibrační kit, snímač triple V Volume, vyhodnocovací SW MetaSoft Studio, dvanácti svodový elektrokardiograf, software pro klidové a zátěžové EKG a výpočetní technika. Všechny tyto přístroje spolu komunikují a zprostředkovávají při testování maximální slučitelnost a spolehlivost. Veškerá podružná zařízení jsou propojena s počítačem, který se nachází v zadní části přístrojového vozíku. Na horní části vozíku jsou zabudované dva displeje, které slouží k zobrazení ergometrických a spirometrických hodnot společně s křivkou EKG (Compek, 2010).

Hrudní pás

Hrudní pás je nezbytnou součástí vybavení laboratoře zátěžové diagnostiky. Slouží k přesnému snímání tepové frekvence. Hodnoty, naměřené hrudním pásem, jsou přenášeny pomocí technologie bluetooth do aplikací v chytrém mobilním telefonu či kompatibilních programů v počítači (Polar, 2021).

4.3 Použité testy

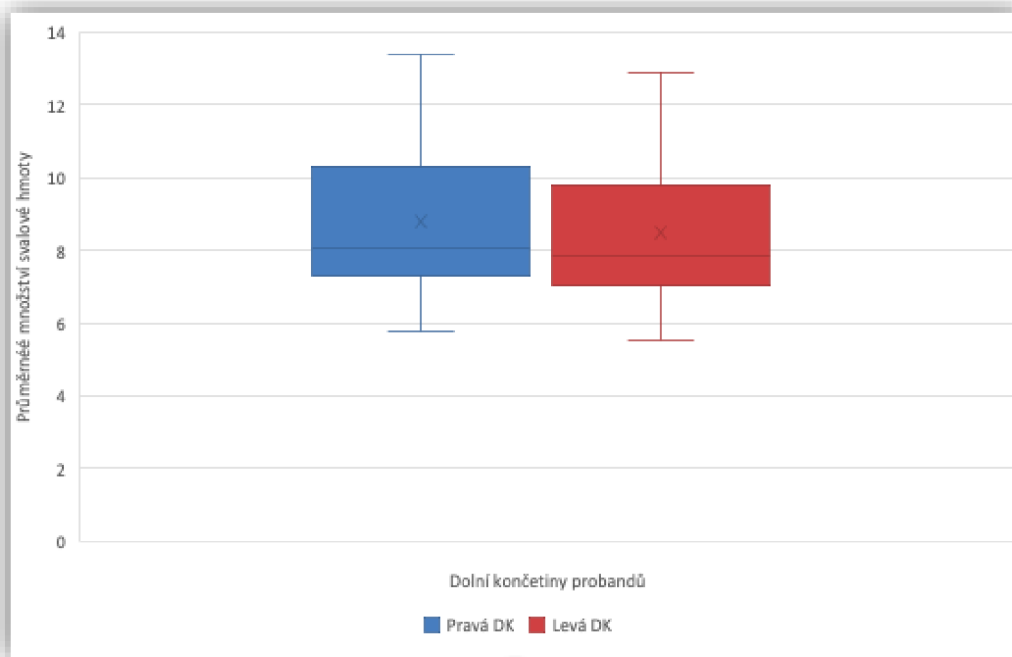
Pro zjištění výkonů jednotlivých dolních končetin probandů byl použit Wingate test na bicyklovém ergometru LODE Excalibur Sport. Wingate test se řadí mezi anaerobní all out zátěžové testy. Tento anaerobní test zjišťuje maximální anaerobní výkon, anaerobní kapacitu, index únavy a fyzickou připravenost na rychlostně silové sporty. Jedná se o all out test, který je nejrozšířenější. Během 30 vteřin se sportovec snaží překonávat odpor maximálním úsilím, sleduje počet otáček na displeji ergometru během přednastavené zátěže, která je přímo úměrná váze testovaného probanda. Během prvních tří až sedmi sekund vyvine proband maximální rychlost. Po těchto několika sekundách se rychlost zpomaluje (Hnízdil & Havel, 2012).

Pro zjištění síly jednotlivých dolních končetin atletů byl použit Jumpmax test, který byl uskutečněn na reakční plošině LEM 10 with ProJump.

Pro zjištění preference pravé či levé horní končetiny byl použit test psaní a pro zjištění preference dolních končetin byl zařazen test kopu.

6 Výsledky

Vyhodnocení množství svalové hmoty na dolních končetinách

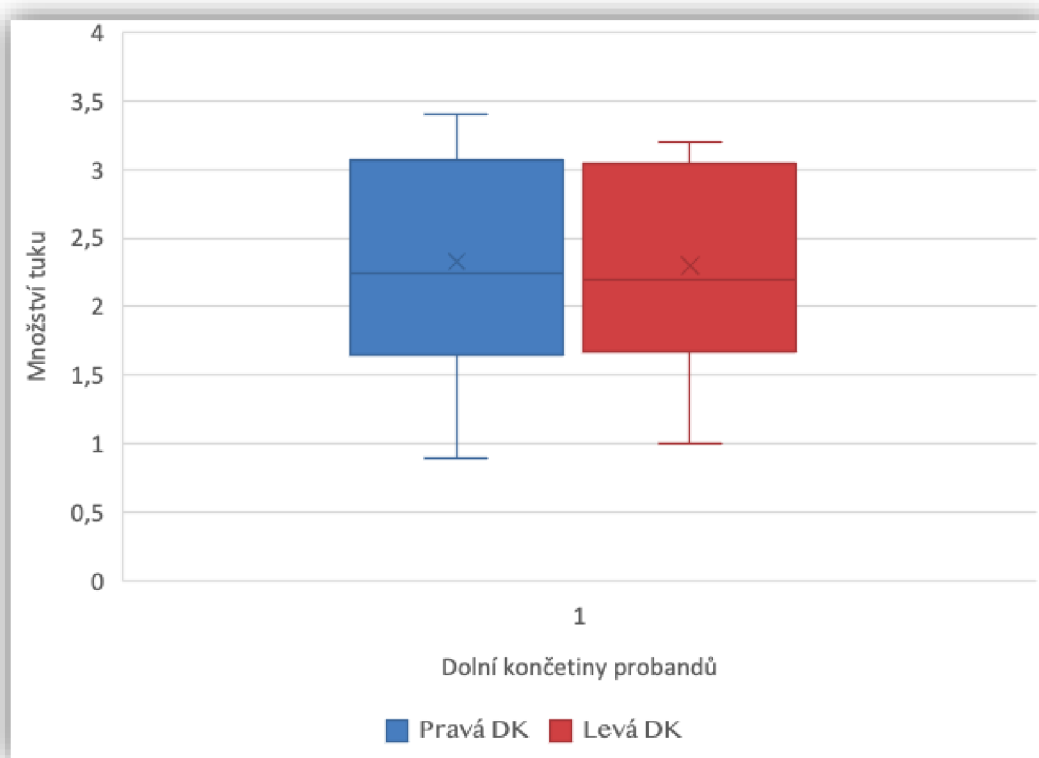


Obrázek 1. Průměrné množství svalové hmoty probandů.

Naměřená data jsou zaznamenána na obrázku 1. Největší množství svalové hmoty na dolních končetinách bylo naměřeno u probanda č. 16 a to 26,3 kg. Tento proband měl i nejvíce svalové hmoty na jednotlivých dolních končetinách, na pravé měl 13,4 kg a na levé 12,9 kg. Nejmenší hmotnost svalů dolních končetin se naměřila u probanda č. 10. Celková hmotnost svalů jeho dolních končetin byla 11,3 kg. Na pravé dolní končetině bylo naměřeno 5,8 kg a na levé 5,5 kg. Průměrné množství svalové hmoty u všech atletů činí 17,18 kg \pm 3,7 kg. U pravé dolní končetiny činí průměrná hmotnost 8,74 kg \pm 1,89 kg a u levé 8,44 kg \pm 1,80 kg. Rozdíl mezi těmito hodnotami je 0,31 kg.

U 24 atletů bylo naměřeno větší množství svalové hmoty na pravé dolní končetině. Pouze 1 atlet ze všech námi měřených atletů disponoval stejným množstvím svalové hmoty na obou dolních končetinách. Pearsonův korelační koeficient v závislosti na svalové hmotě na pravé a levé dolní končetině dosáhl hodnoty 0,998, což je větší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky významný.

Vyhodnocení množství tuku na dolních končetinách



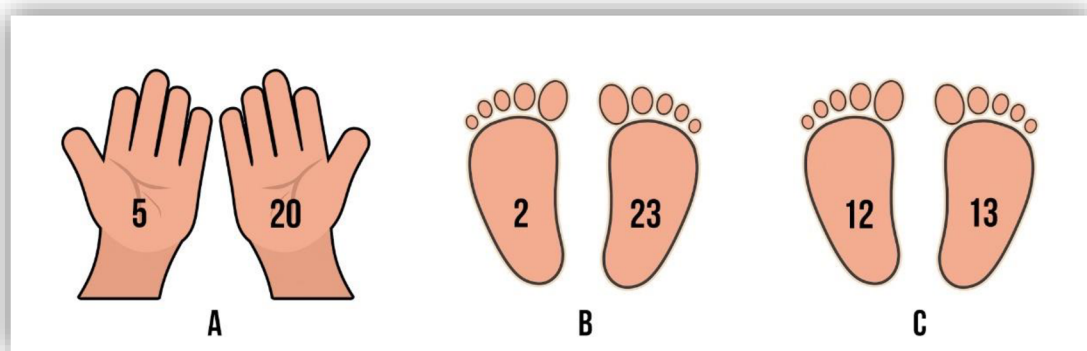
Obrázek 2. Průměrné množství tuku na dolních končetinách probandů.

Naměřená data jsou zobrazena na obrázku 2. Největší množství tukové tkáně na dolních končetinách bylo naměřeno u probanda č. 19. Bylo mu naměřeno 29 % tuku v těle. Naopak nejnižší hodnota tukové tkáně v těle byla naměřena u probanda č. 5 a to 8,5 %. Průměrné množství tukové tkáně u všech atletů činí $17,80 \% \pm 5,63 \%$. Průměrné množství tuku u všech probandů na pravé dolní končetině bylo zjištěno $2,35 \text{ kg} \pm 0,77 \text{ kg}$. Na levé dolní končetině bylo zjištěno průměrné množství tukové tkáně $2,32 \text{ kg} \pm 0,70 \text{ kg}$. Rozdíl mezi těmito hodnotami činí 0,03 kg. Nejvyšší hodnota na pravé dolní končetině byla naměřena u probanda č. 6, u kterého bylo naměřeno 3,4 kg. Na levé dolní končetině byla naměřena stejná nejvyšší hodnota u třech probandů (6, 19, 23) a to 3,2 kg. Nejnižší hodnoty na obou dolních končetinách byly naměřeny u atleta č. 5. Pravá dolní končetina obsahovala 1 kg tuku a levá 1,1 kg tuku.

Pearsonův korelační koeficient v závislosti na množství tuku na pravé a levé dolní končetině dosáhl hodnoty 0,995, což je větší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky významný.

Preference

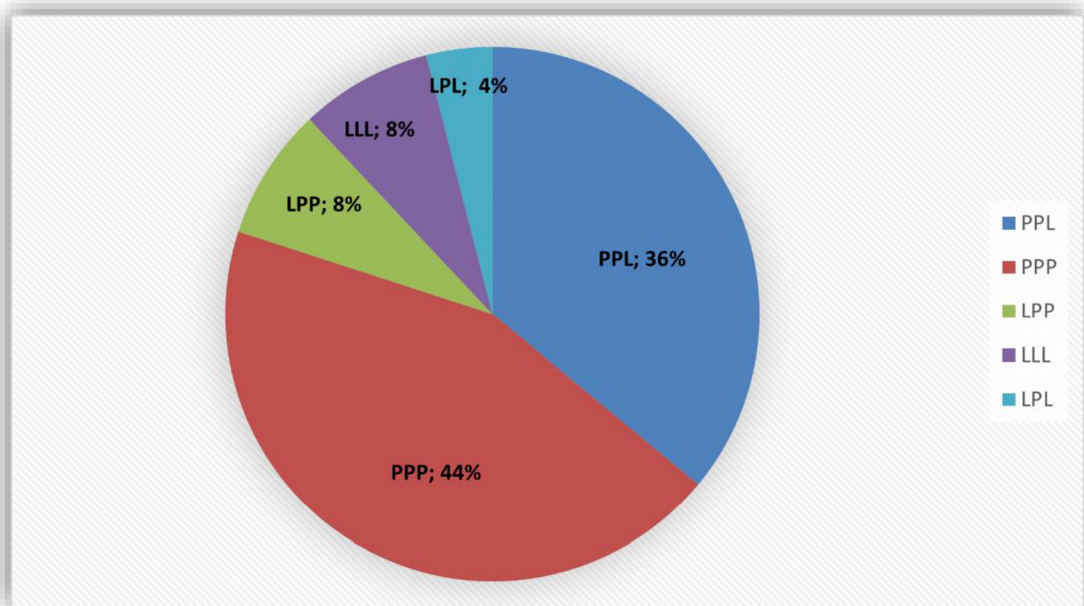
V souboru se nachází 25 probandů u kterých bylo zjišťováno preferenční užívání jedné z horních končetin pomocí testu psaní a dominantní užívání jedné z dolních končetin pomocí testu kopu. Také bylo zjišťováno, kterou DK proband preferuje při výskoku.



Obrázek 3. Preference a dominance HK, DK.

Na obrázku č. 3 je zobrazena preference a dominance horních a dolních končetin. Písmenem A znázorňuje test psaní, písmeno B značí test kopu a písmeno C vyjadřuje preferovanou DK při výskoku. Čísla napsaná na rukách a nohách znázorňují počet probandů, kolik jich preferuje při testu pravou a kolik levou končetinu. V souboru účastníků převládají jedinci, kteří preferují pravou ruku pro test psaní, pravou nohu pro test kopu a také preferují pravou nohu pro výskok. Preference pravé horní končetiny při testu psaní byla zjištěna u 20 atletů. Levou rukou píše 5 atletů. Při testu kopu bylo zjištěno, že pravou dolní končetinu upřednostňuje 23 atletů a levou pouze 2 atleti. Pro výskok preferuje 13 atletů pravou DK a 12 atletů levou DK. Celkem 100 % atletů s preferencí pravé ruky dává přednost pravé noze pro kopání a 55 % atletů dává přednost pravé noze pro vzlet. Celkem 40 % atletů s preferencí levé ruky preferuje levou nohu pro kopání a 60 % atletů preferuje levou nohu pro výskok. Je zde vidět rozdíl v preferenci DK mezi praváky a leváky.

Obrázek č. 4 ukazuje poměr v preferencích horních a dolních končetin. Je zde vyjádřena lateralita pro horní končetinu, kterou píšou a dolní končetinu preferovanou pro kop a pro výskok. V souboru se nachází 44 % atletů, kteří preferují ve všech třech testech pravou HK, DK. Z celkového počtu probandů je to 11 atletů. Pouze 8 % atletů z celkového počtu námi testovaných preferuje ve všech testech levou HK, DK. Celkem 36 % atletů z celkového počtu námi testovaných probandů preferuje pro test psaní pravou HK, pro kopání pravou DK a pro výskok levou DK. Celkem 8 % atletů píše levou HK, kope pravou DK a skáče pravou DK a pouze 4 % atletů z celkového počtu 25 preferuje levou HK pro psaní, pravou DK pro kopání a levou DK pro výskok.

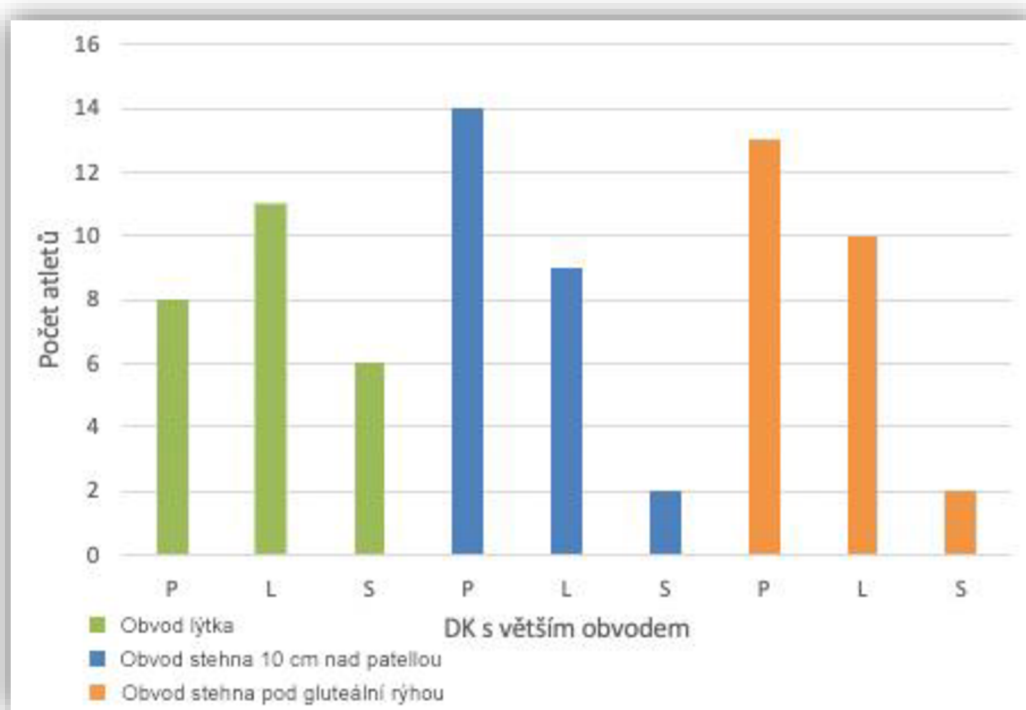


Obrázek 4. Procento zastoupení atletů s preferovanou HK (psaní) a dominantní dolní končetinou (kopání a výskok). První písmeno znázorňuje, kterou rukou píšou (P-pravá, L-levá), druhé písmeno, kterou nohu preferují pro kop (P-pravá, L-levá), třetí písmeno, kterou nohu preferují pro výskok (P-pravá, L-levá).

Vyhodnocení obvodů segmentů dolních končetin

Při zjišťování obvodů dolních končetin byly měřeny obvody stehna 10 cm nad patelou, dále obvod stehna v nejširším místě (pod gluteální rýhou) a obvod lýtky každého z probandů.

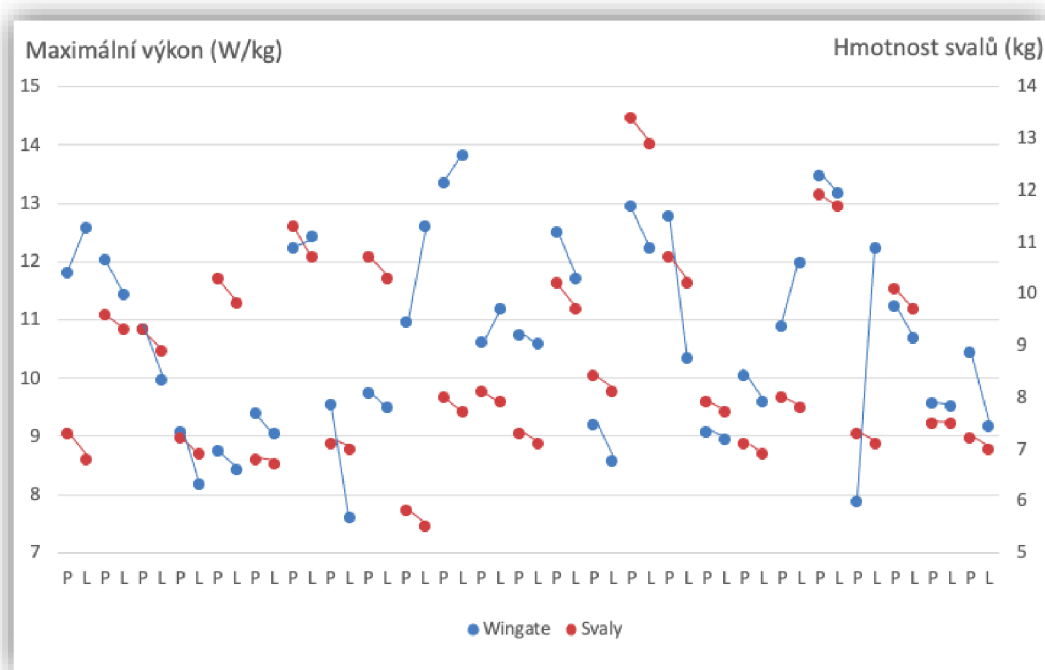
Na obrázku č. 5 je zobrazen přehled obvodů DK. Zelená barva na obrázku znázorňuje obvod lýtky, na ose x písmeno P znázorňuje obvod lýtky na pravé dolní končetině, L – obvod lýtky na levé dolní končetině a S – znázorňuje stejný obvod lýtky na obou dolních končetinách. Modrá barva znázorňuje obvod stehna 10 cm nad patelou, písmena na ose x znázorňují (P – obvod pravé DK, L – obvod na levé DK, S – stejný obvod na obou DK). Oranžová barva na obrázku zobrazuje obvod stehna v jeho nejširším místě, P na ose x znázorňuje obvod na pravé DK, L – obvod na levé DK a S – stejný obvod na obou DK. Větší obvod pravé dolní končetiny 10 cm nad patelou má 14 probandů, levou 9 probandů a pouze u dvou probandů byl naměřen stejný obvod na obou dolních končetinách. Obvod stehna v nejširším místě se ukázal u 13 probandů větší na pravé dolní končetině u 10 probandů byl obvod větší na levé DK a pouze dva probandi měli stejný obvod na obou dolních končetinách. Poslední měřenou hodnotou byl obvod stehna, který byl větší na pravé dolní končetině u 8 probandů, u 11 na levé dolní končetině a 6 probandů mělo stejné obvody obou lýtek.



Obrázek 5. Přehled obvodů DK.

Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince se svalovou hmotou

Na obrázku č. 6 je znázorněno porovnání dosaženého výkonu přepočteného na kilogram jedince při Wingate testu a svalové hmoty na dolních končetinách atletů. Celkem u 68 % probandů koresponduje množství svalové hmoty s výkonem při Wingate testu. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y znázorňuje hmotnost svalů DK atletů v kilogramech, na hlavní ose y jsou zobrazeny maximální výkony přepočtené na kg jedince při Wingate testu ve Wattech.



Obrázek 6. Porovnání množství svalové hmoty a maximálního výkonu na kg jedince při Wingate testu.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

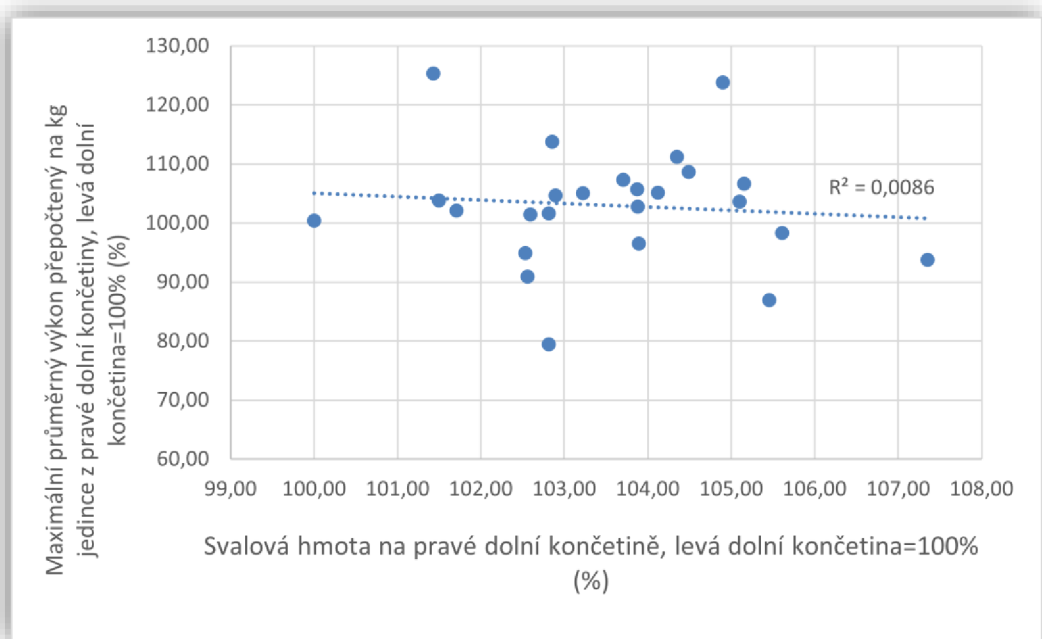
Červená barva v grafu znázorňuje hmotnost svalů na DK. Z grafu je zřejmé, že 24 probandů má větší podíl svalové hmoty na pravé dolní končetině a pouze 1 z probandů má na obou dolních končetinách stejné množství svalové hmoty. Modrá barva zobrazuje maximální výkon podaný při Wingate testu přepočtený na kg jedince jak pravou, tak levou dolní končetinou. Celkem 17 běžců podalo vyšší výkon končetinou s větším množstvím svalové hmoty, tj. pravá dolní končetina. Zbývajících 7 probandů podalo vyšší výkon levou dolní končetinou. U atleta, kterému bylo naměřeno stejné množství svalové hmoty na obou dolních končetinách (7,5 kg) bylo

zjištěno, že podal téměř stejný výkon oběma dolními končetinami ($P=9,55$ W/kg a $L=9,51$ W/kg).

Pearsonův korelační koeficient v závislosti svalové hmoty na DK a výkonu při Wingate testu přepočteném na kg jedince dosáhl hodnoty $-0,093$, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Z grafu je zřejmé, že i když má proband větší množství svalové hmoty na jedné dolní končetině, nemusí podat vyšší výkon při Wingate testu stejnou dolní končetinou.

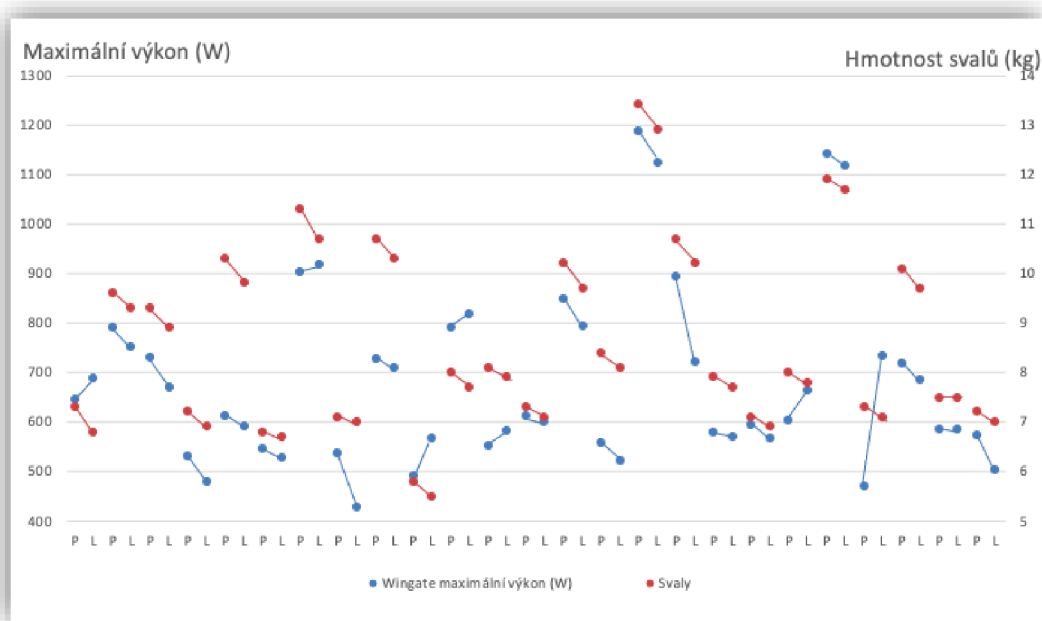
Na obrázku č. 7 se nachází vztah mezi maximálním výkonem přepočteném na kg jedince při Wingate testu a svalovou hmotou.



Obrázek 7. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteném na kg jedince při Wingate testu a svalovou hmotou na DK.

Porovnání maximálních hodnot Wingate testu se svalovou hmotou

Na obrázku č. 8 je znázorněno porovnání dosaženého maximálního výkonu při Wingate testu a svalové hmoty na dolních končetinách běžců. Celkem u 68 % probandů podala končetina s větším množstvím svalové hmoty vyšší výkon při Wingate testu. Na ose x jsou zobrazeny obě DK každého probanda, vedlejší osa y znázorňuje hmotnost svalů dolních končetin atletů v kilogramech, na hlavní ose y jsou zobrazeny maximální výkony při Wingate testu ve Wattech.



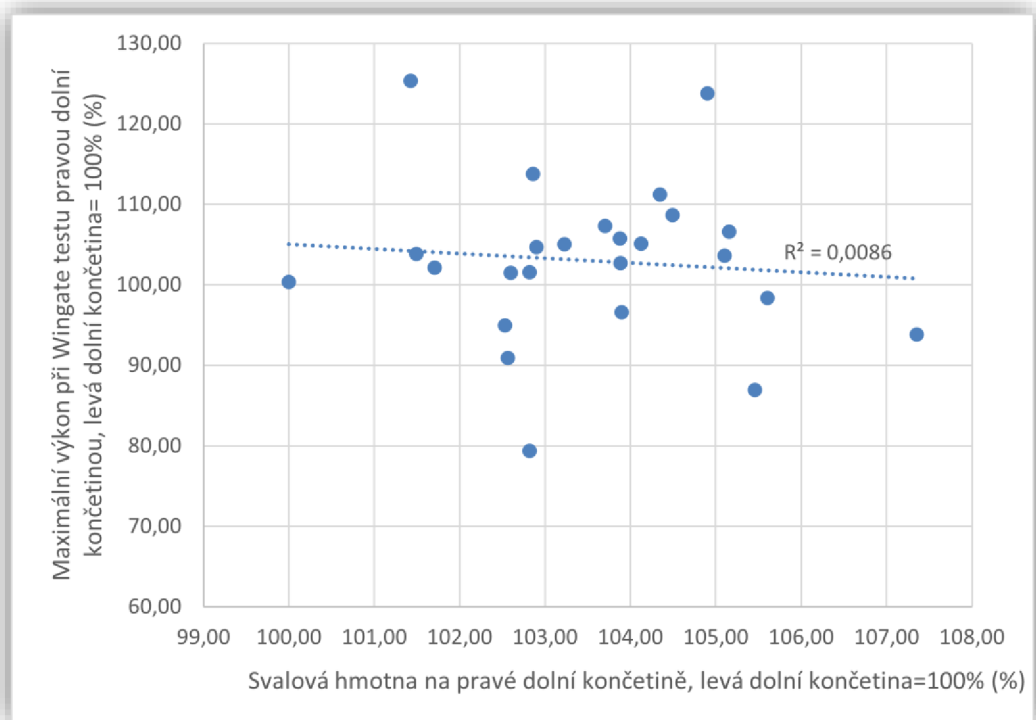
Obrázek 8. Porovnání množství svalové hmoty a maximálního výkonu jedince při Wingate testu.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červenou barvou je na obrázku znázorněna hmotnost svalů na DK. Z grafu je zřejmé, že 24 probandů má větší podíl svalové hmoty na pravé dolní končetině a pouze 1 z probandů má na obou dolních končetinách stejné množství svalové hmoty. Modrá barva zobrazuje maximální výkon dosažený při Wingate testu jak pravou, tak levou dolní končetinou. Celkem 17 běžců podalo vyšší výkon končetinou s větším množstvím svalové hmoty, tj. pravá dolní končetina. Zbývajících 7 probandů podalo vyšší výkon levou dolní končetinou. U atleta se stejným množstvím svalové hmoty na obou dolních končetinách (7,5 kg) bylo zjištěno, že podal velmi podobný výkon oběma DK (P=586,31 W a L=586,31 W).

Pearsonův korelační koeficient v závislosti svalové hmoty na DK a maximálním výkonu při Wingate testu dosáhl hodnoty -0,093, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 9 je vyjádřen vztah mezi maximálním výkonem DK při Wingate testu a svalovou hmotou.

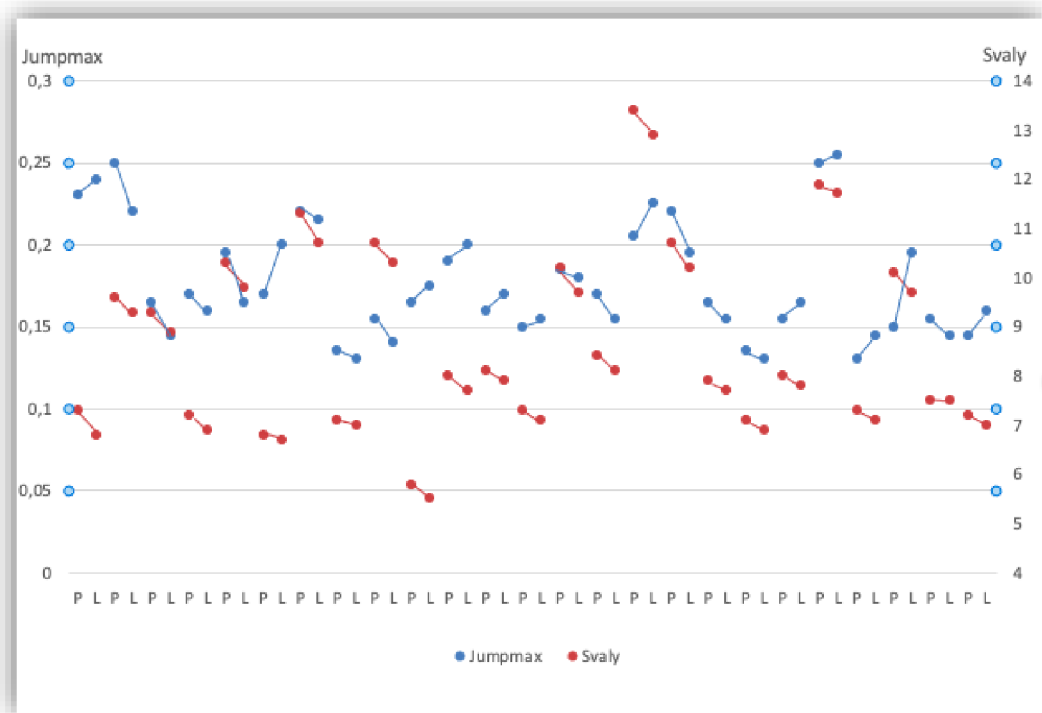


Obrázek 9. Vztah mezi maximálním výkonem DK při Wingate testu a svalovou hmotou.

Porovnání výsledů Jumpmax testu s množstvím svalové hmoty

Na obrázku č. 10 je znázorněno porovnání maximálního výskoku atleta při Jumpmax testu a svalové hmoty na dolních končetinách probandů. Celkem u 52 % probandů podala končetina s větším množstvím svalové hmoty vyšší výskok.

Na ose x jsou zobrazeny obě DK každého z probandů, vedlejší osa y znázorňuje hmotnost svalů DK atletů v kilogramech, na hlavní ose y jsou zobrazeny maximální výskoky jedinců při Jumpmax testu v metrech.



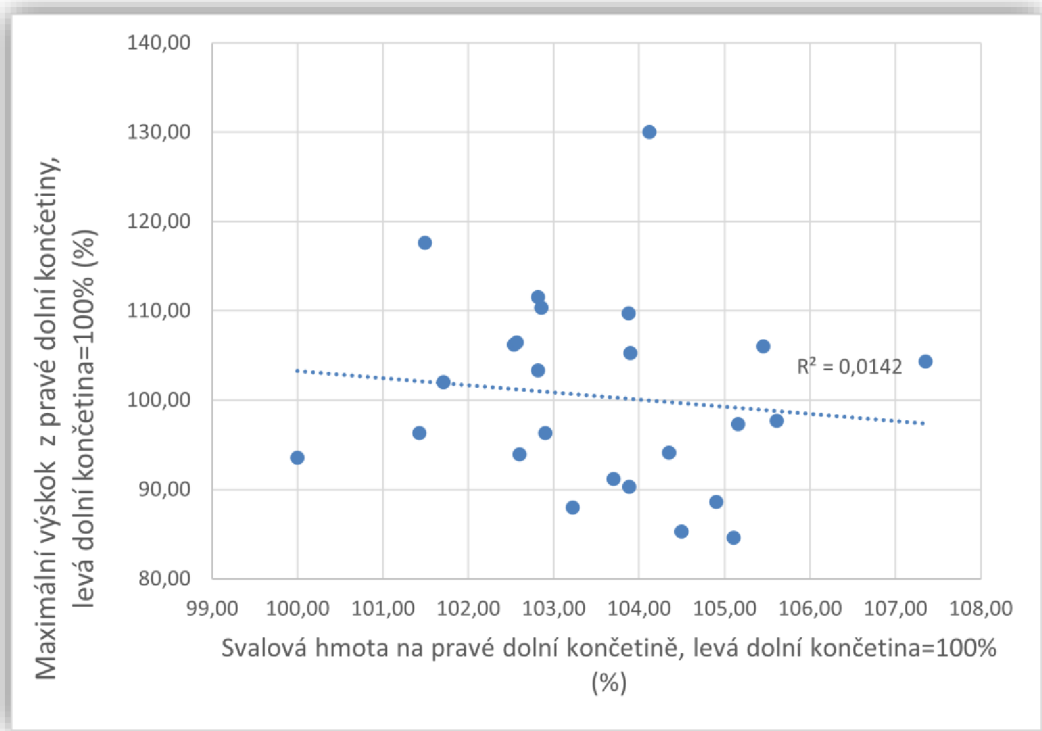
Obrázek 10. Porovnání maximálního výskoku atletů při Jumpmax testu a svalové hmoty na DK.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červenou barvou je na obrázku znázorněna hmotnost svalů na DK. Z grafu je zřejmé, že 24 probandů má větší podíl svalové hmoty na pravé dolní končetině a pouze 1 z probandů má na obou dolních končetinách stejné množství svalové hmoty. Modrá barva zobrazuje maximální výskok dosažený při Jumpmax testu, který byl otestován na pravé i levé dolní končetině. Celkem 13 atletů dosáhlo vyššího výskoku končetinou s větším množstvím svalové hmoty, tj. pravá dolní končetina. Zbývajících 12 probandů podalo vyšší výkon levou dolní končetinou.

Pearsonův korelační koeficient v závislosti svalové hmoty na DK a výskoku při Jumpmax testu dosáhl hodnoty -0,119, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

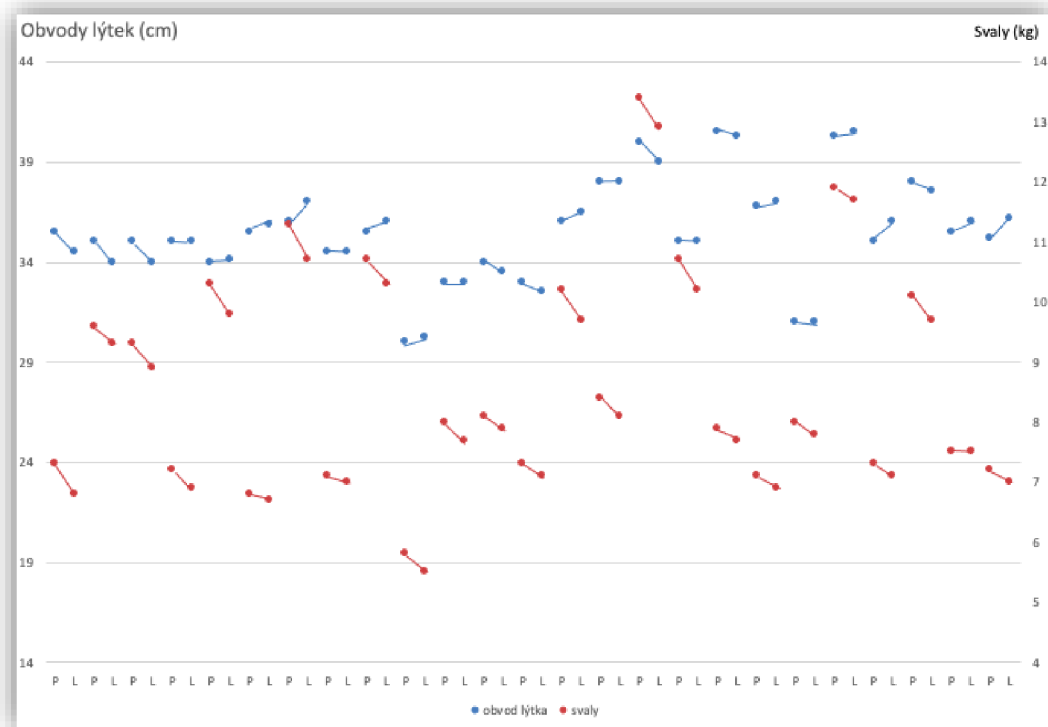
Na obrázku č. 11 je znázorněn vztah mezi maximálními výskoky při Jumpmax testu a svalovou hmotou.



Obrázek 11. Vztah mezi maximálními výskoky při Jumpmax testu a svalovou hmotou.

Porovnání obvodů DK s množstvím svalové hmoty na DK

Na obrázku č. 12 je znázorněno porovnání obvodů lýtek každého atleta a svalové hmoty na dolních končetinách probandů. Celkem u 32 % probandů měla končetina s větším obvodem lýtka více svalové hmoty. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y znázorňuje hmotnost svalů DK atletů v kilogramech, na hlavní ose y jsou zobrazeny obvody lýtek v centimetrech.



Obrázek 12. Porovnání obvodů lýtek každého atleta a svalové hmoty na dolních končetinách probandů.

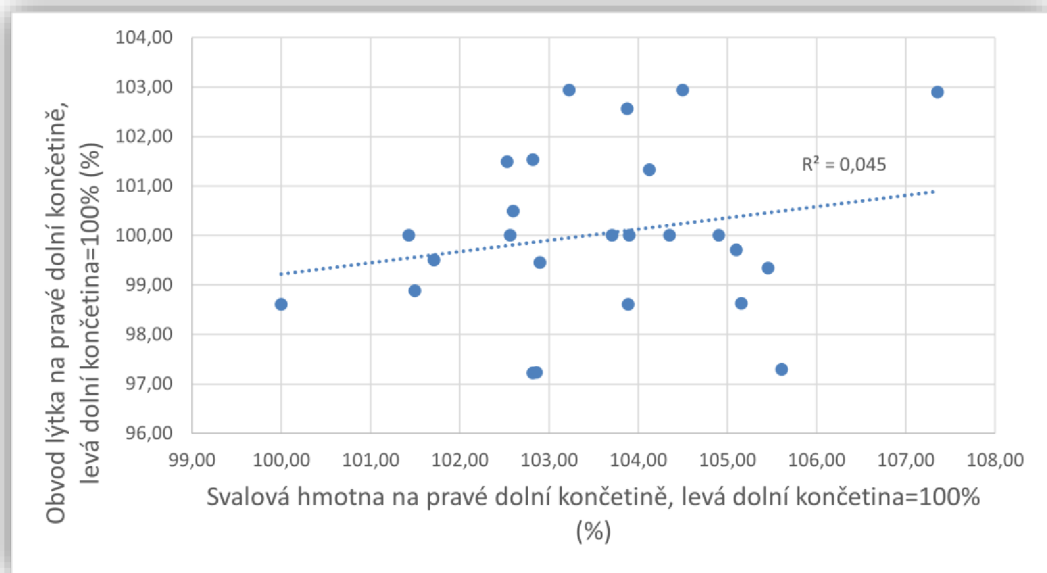
Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje hmotnost svalů na DK. Z grafu je zřejmé, že 24 probandů má větší podíl svalové hmoty na pravé dolní končetině a pouze 1 z probandů má na obou dolních končetinách stejné množství svalové hmoty.

Modrá barva zobrazuje obvod lýtka v centimetrech. Celkem 8 běžců má větší obvod lýtka na pravé dolní končetině, 11 běžců má větší obvod lýtka na levé dolní končetině a 6 atletům byl naměřen stejný obvod lýtka na obou dolních končetinách. Pouze 8 atletů mělo na končetině s větším obvodem více svalové hmoty.

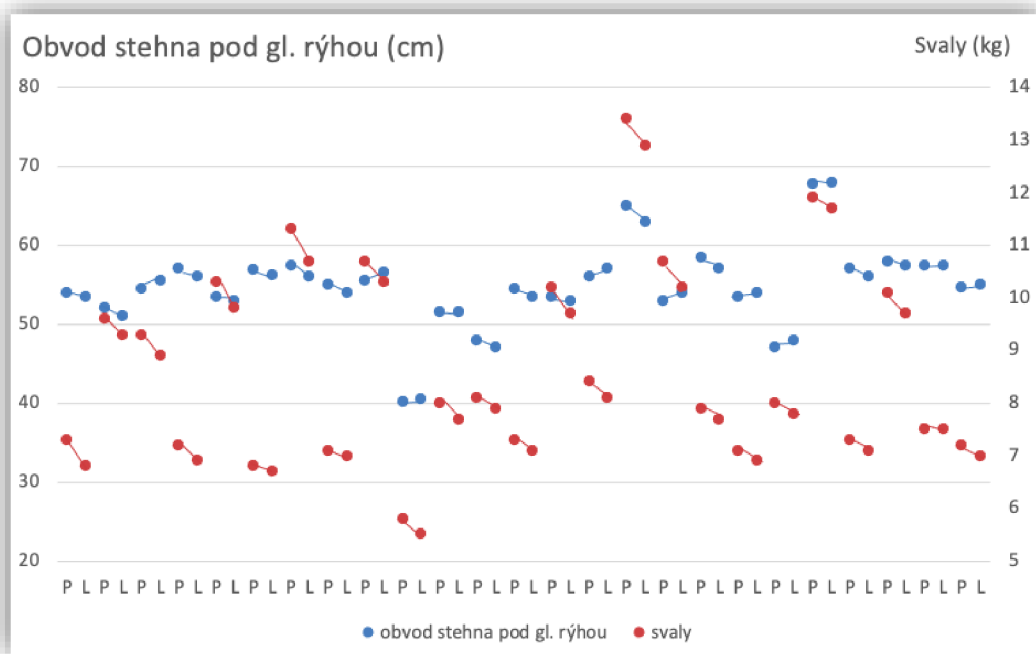
Pearsonův korelační koeficient v závislosti svalové hmoty na DK a obvodu lýtky dosáhl hodnoty 0,212, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 13 je znázorněn vztah mezi svalovou hmotou na dolní končetině a obvodem lýtky.



Obrázek 13. Vztah mezi svalovou hmotou a obvodem lýtek.

Na obrázku č. 14 je znázorněno porovnání obvodů stehna pod gluteální rýhou (v nejširším místě) a svalové hmoty na dolních končetinách probandů. Celkem u 52 % probandů korespondoval obvod stehna s množstvím svalové hmoty na DK. Na ose x jsou zobrazeny obě DK každého z probandů, vedlejší osa y znázorňuje hmotnost svalů DK atletů v kilogramech. Na hlavní ose y jsou znázorněny obvody stehna každého probanda v centimetrech.



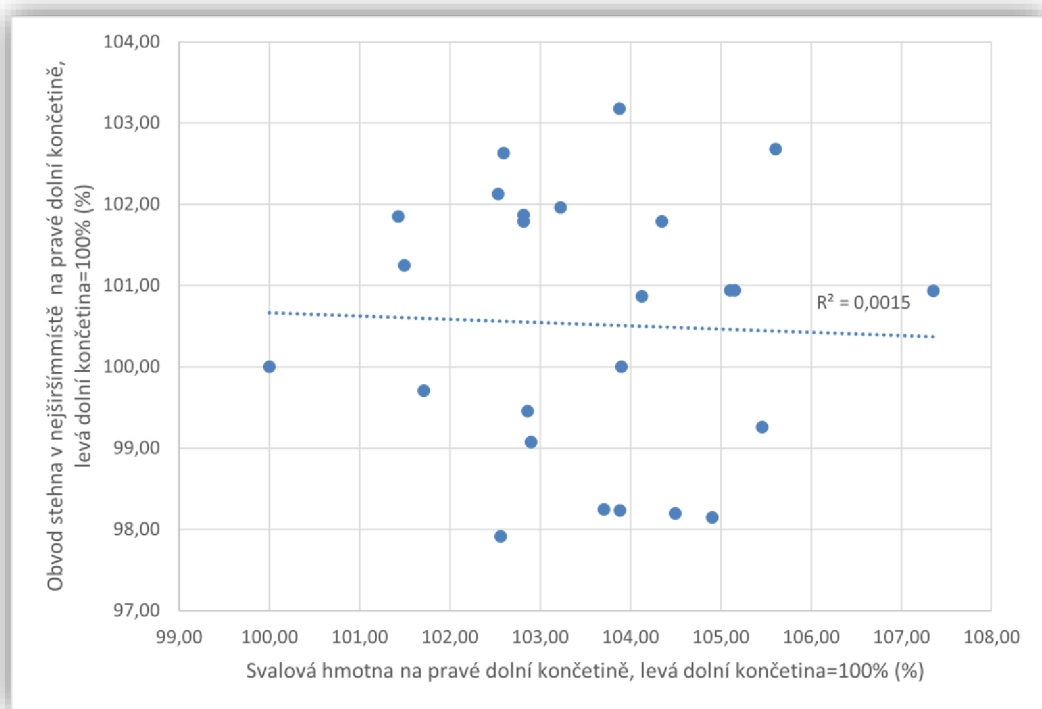
Obrázek 14. Porovnání obvodů stehna pod gluteální rýhou každého atleta s množstvím svalové hmoty na DK.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravé a levé dolní končetiny probandů, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje hmotnost svalů na DK. Z grafu je zřejmé, že 24 probandů má větší podíl svalové hmoty na pravé dolní končetině a pouze 1 z probandů má na obou dolních končetinách stejné množství svalové hmoty. Modrá barva zobrazuje obvod stehna v jeho nejširším místě, tj. pod gluteální rýhou, který byl měřen v centimetrech. Celkem 13 běžců má větší obvod stehna na pravé dolní končetině, 10 běžců má větší obvod stehna na levé dolní končetině a pouze 2 atletům byl naměřen stejný obvod na obou stehnech. Celkem 13 běžců mělo více svalové hmoty na končetině s větším obvodem stehna.

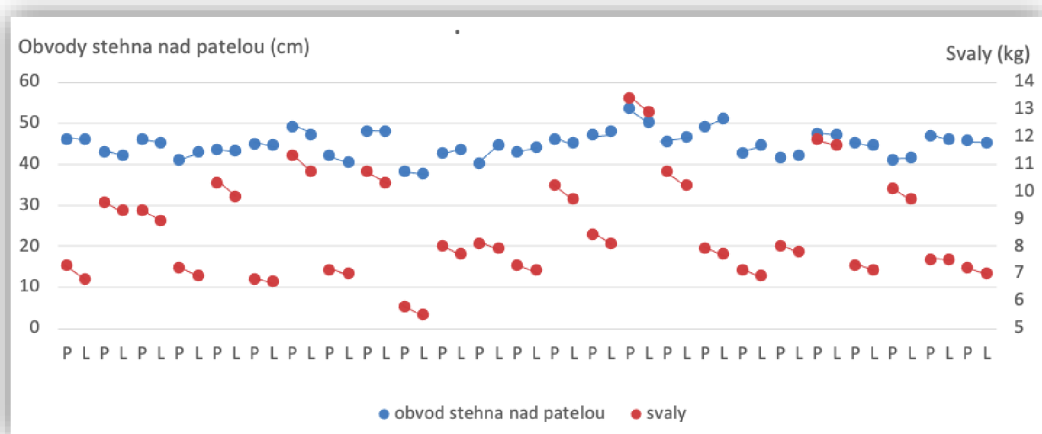
Pearsonův korelační koeficient v závislosti svalové hmoty na DK a obvodu stehna pod gluteální rýhou dosáhl hodnoty $-0,039$, což je menší než kritická hodnota, a to znamená že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 15 je znázorněn vztah mezi svalovou hmotou a obvodem stehna pod gluteální rýhou.



Obrázek 15. Vztah mezi svalovou hmotou a obvodem stehna pod gluteální rýhou.

Na obrázku č. 16 je znázorněno porovnání obvodů stehna 10 cm nad patelou a svalové hmoty na dolních končetinách probandů. Celkem 56 % probandů má větší obvod stehna nad patelou na končetině s větším množstvím svalové hmoty. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y znázorňuje hmotnost svalů DK atletů v kilogramech, na hlavní ose y jsou znázorněny obvody stehna 10 cm nad patelou každého probanda.



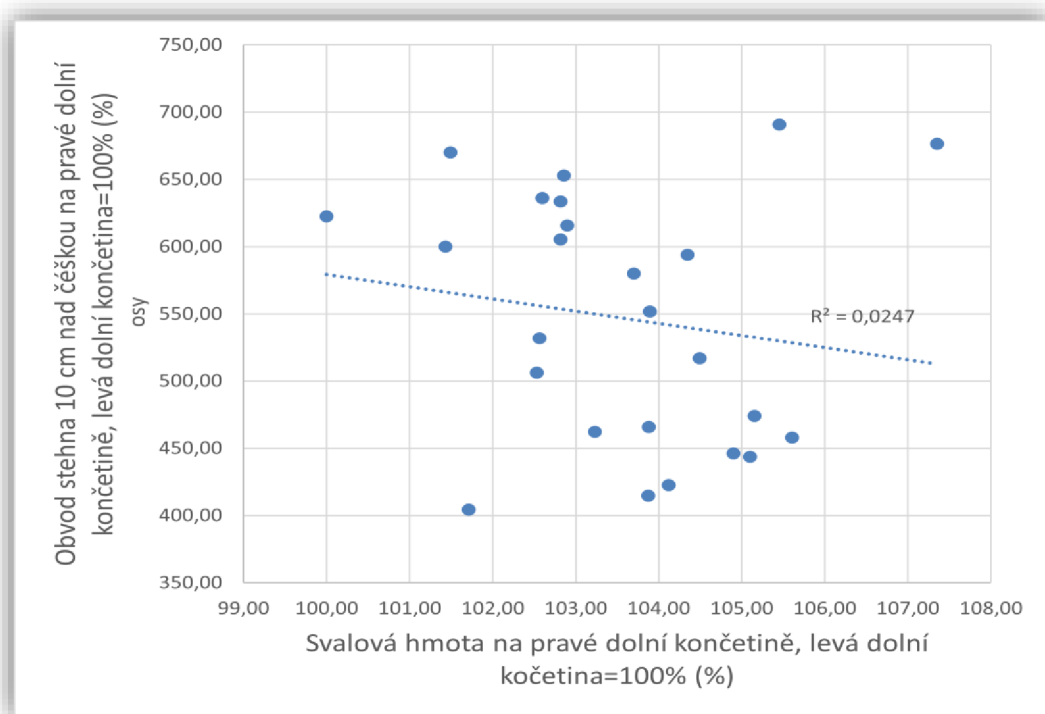
Obrázek 16. Porovnání obvodů stehna 10 cm nad patelou každého atleta s množstvím svalové hmoty na DK.

Červená barva v grafu znázorňuje hmotnost svalů na DK. Z grafu je zřejmé, že 24 probandů má větší podíl svalové hmoty na pravé dolní končetině a pouze 1 z probandů má na obou dolních končetinách stejné množství svalové hmoty. Modrá barva zobrazuje obvod stehna deset centimetrů nad patelou, který byl měřený v centimetrech. Celkem 14 běžců má větší obvod stehna na pravé dolní končetině, 9 běžců má větší obvod stehna na levé dolní končetině a 2 atletům byl naměřen stejný obvod stehna na obou dolních končetinách. Pouze u 14 běžců byl naměřen větší obvod stehna nad patelou na končetině s větším množstvím svalové hmoty.

Pearsonův korelační koeficient v závislosti svalové hmoty na DK a obvodu stehna 10 cm nad patelou dosáhl hodnoty 0,093, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Všechny tři grafy vypovídají o tom, že končetina s větším obvodem neobsahuje vždy větší množství svalové hmoty než končetina druhá. Ovšem bylo zjištěno také to, že končetina s větším obvodem neobsahuje vždy ani větší množství tukové tkáně.

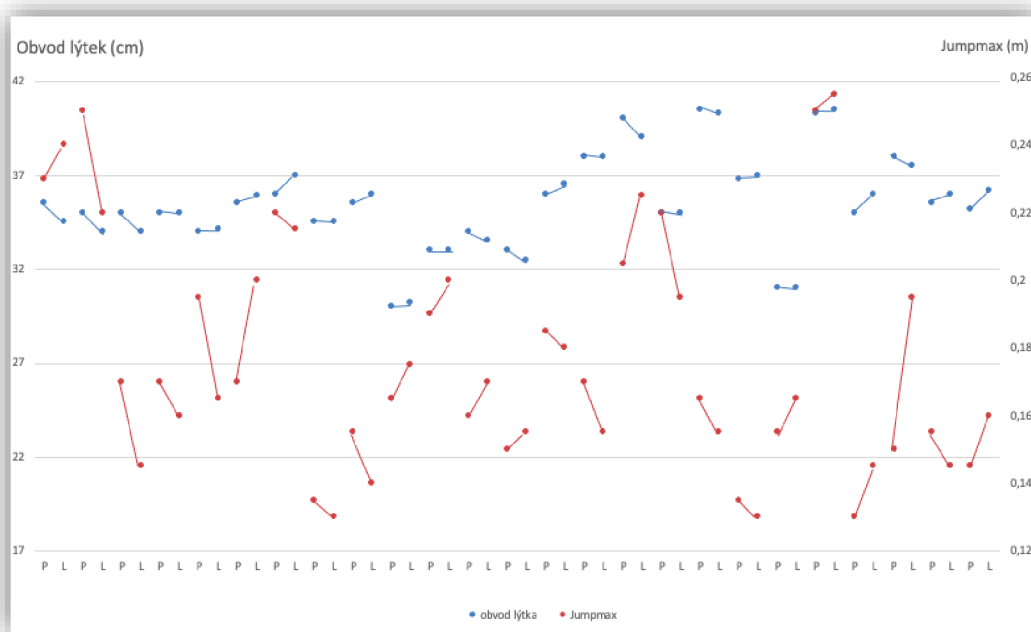
Na obrázku č. 17 je znázorněn vztah mezi svalovou hmotou a obvodem stehna 10 cm nad patelou.



Obrázek 17. Vztah mezi svalovou hmotou a obvodem stehna 10 cm nad patelou.

Porovnání obvodů DK s Jumpmax testem

Na obrázku č. 18 je znázorněno porovnání obvodů lýtek každého atleta a svalové hmoty na dolních končetinách probandů. Celkem u 48 % běžců, kteří mají větší obvod lýtky na jedné z DK, byl naměřen vyšší výskok. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y znázorňuje maximální výskoky probandů při Jumpmax testu v metrech, na hlavní ose y jsou zobrazeny obvody lýtek v centimetrech.



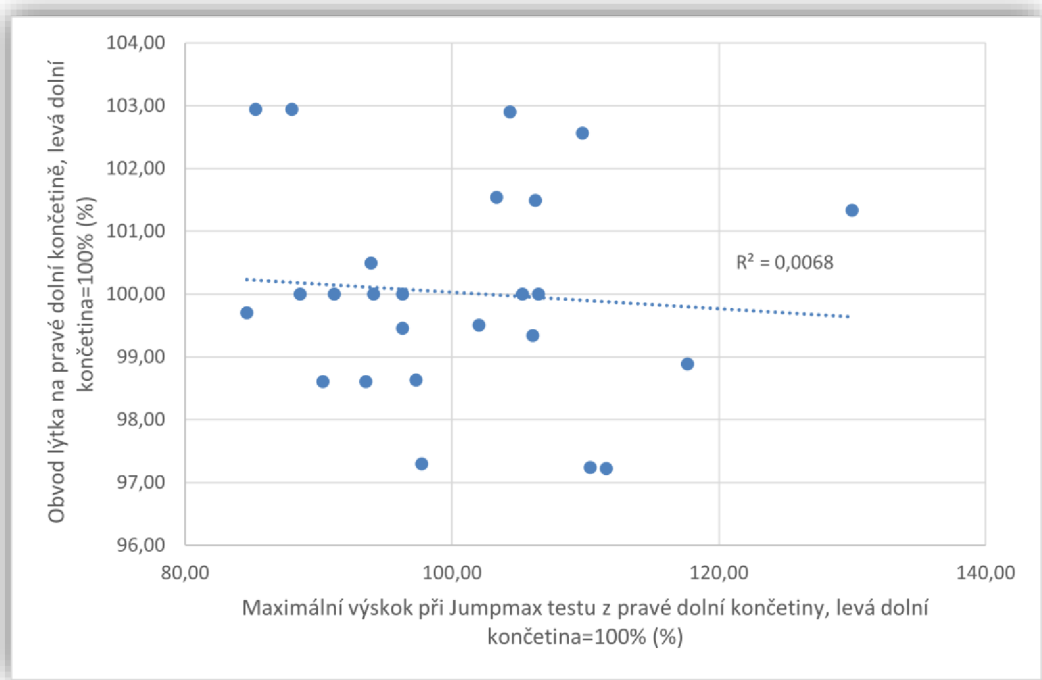
Obrázek 18. Porovnání obvodů lýtek každého atleta s Jumpmax testem.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje výsledky Jumpmax testu. Z grafu je zřejmé, že 13 probandů provedlo vyšší výskok pravou dolní končetinou a 12 probandů vyšší vyskočilo levou dolní končetinou. Modrá barva zobrazuje obvod lýtky v centimetrech. Celkem 8 běžců má větší obvod lýtky na pravé dolní končetině, 11 běžců má větší obvod lýtky na levé dolní končetině a 6 atletům byl naměřen stejný obvod lýtky na obou dolních končetinách. Pouze 12 probandů dosáhlo vyššího výskoku u končetiny s větším obvodem lýtky.

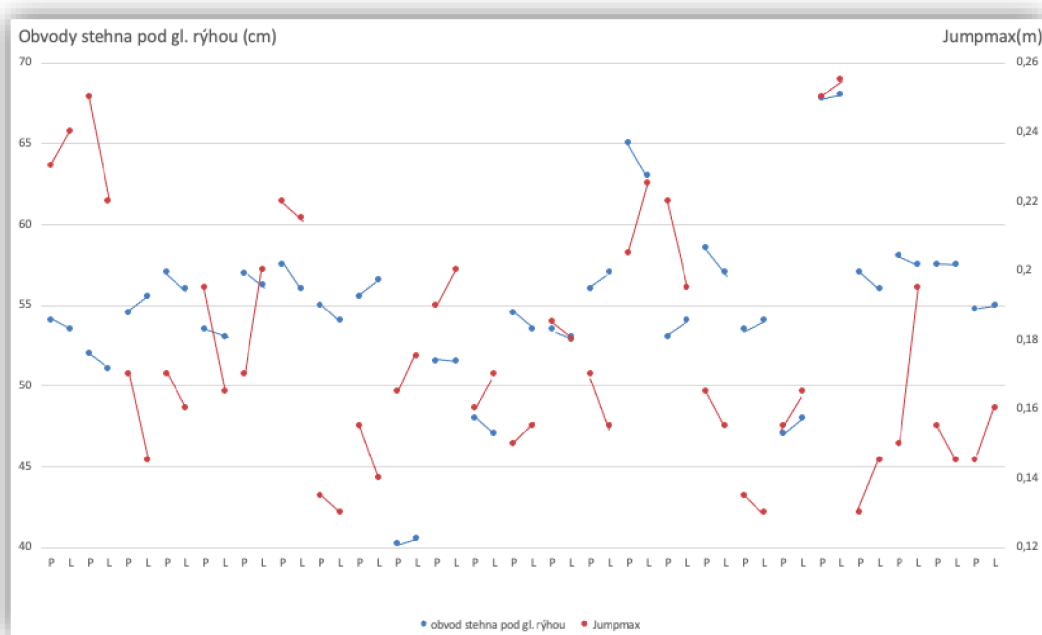
Pearsonův korelační koeficient v závislosti výskoku při Jumpmax testu a obvodu lýtky dosáhl hodnoty $-0,083$, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 19 je znázorněn vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem lýtka.



Obrázek 19. Vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem lýtka.

Na obrázku č. 20 je znázorněno porovnání obvodů stehna pod gluteální rýhou (v nejširším místě) a Jumpmax testu. Pouze 44 % probandů dosáhlo vyššího výskoku končetinou s větším obvodem stehna. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y značí maximální výskoky každého probanda v metrech, na hlavní ose y jsou znázorněny obvody stehna každého probanda v centimetrech.



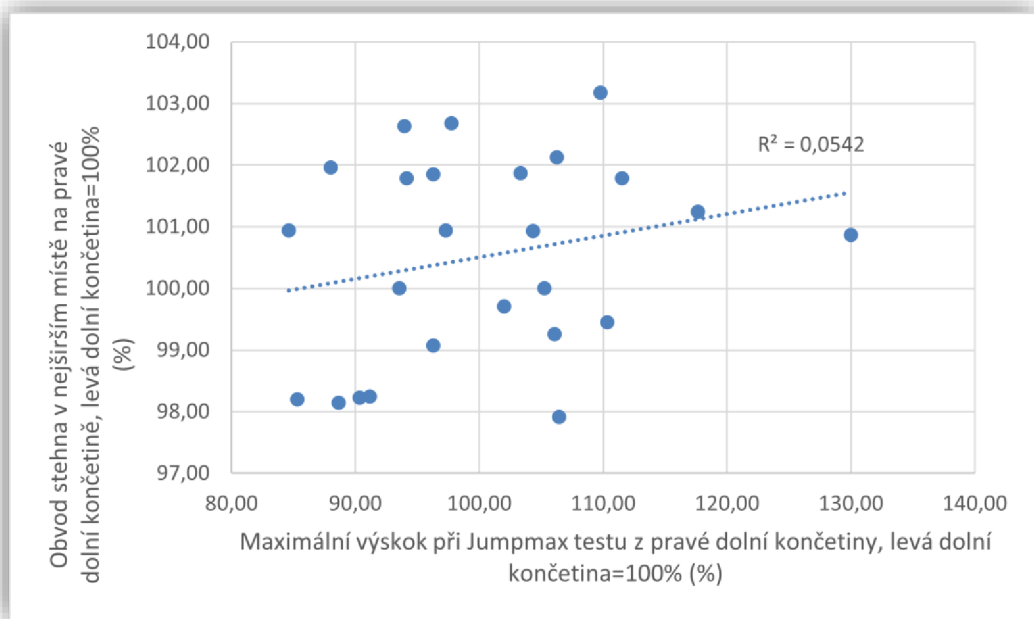
Obrázek 20. Porovnání obvodů stehna pod gluteální rýhou každého atleta s Jumpmax testem.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje výsledky Jumpmax testu. Z grafu je zřejmé, že 13 probandů uskutečnilo vyšší výskok pravou dolní končetinou a 12 probandů vyš vyskočilo levou dolní končetinou. Modrá barva zobrazuje obvod stehna v jeho nejširším místě, tj. pod gluteální rýhou, který byl měřen v centimetrech. Celkem 13 běžců má větší obvod stehna na pravé dolní končetině, 10 běžců má větší obvod stehna na levé dolní končetině a pouze 2 atletům byl naměřen stejný obvod stehna na obou dolních končetinách. Celkem 11 atletů dosáhlo vyššího výskoku z končetiny s větším obvodem stehna.

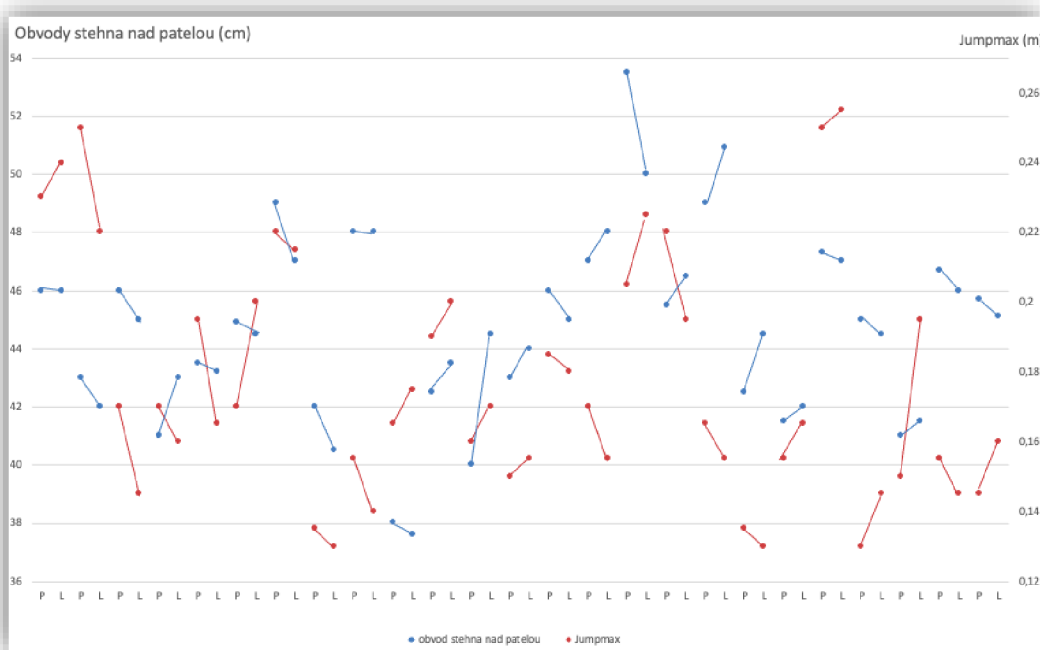
Pearsonův korelační koeficient v závislosti výskoku při Jumpmax testu a obvodu stehna pod gluteální rýhou dosáhl hodnoty 0,232, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 21 je znázorněn vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem stehna v nejširším místě.



Obrázek 21. Vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem stehna v nejširším místě.

Na obrázku č. 22 je znázorněno porovnání obvodů stehna 10 cm nad patelou a svalové hmoty na dolních končetinách probandů. Celkem 44 % běžců dosáhlo vyššího výskoku z končetiny s větším obvodem stehna nad patelou. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y znázorňuje maximální výskok probandů při Jumpmax testu měřený v metrech, na hlavní ose y jsou znázorněny obvody stehna 10 cm nad patelou každého probanda.



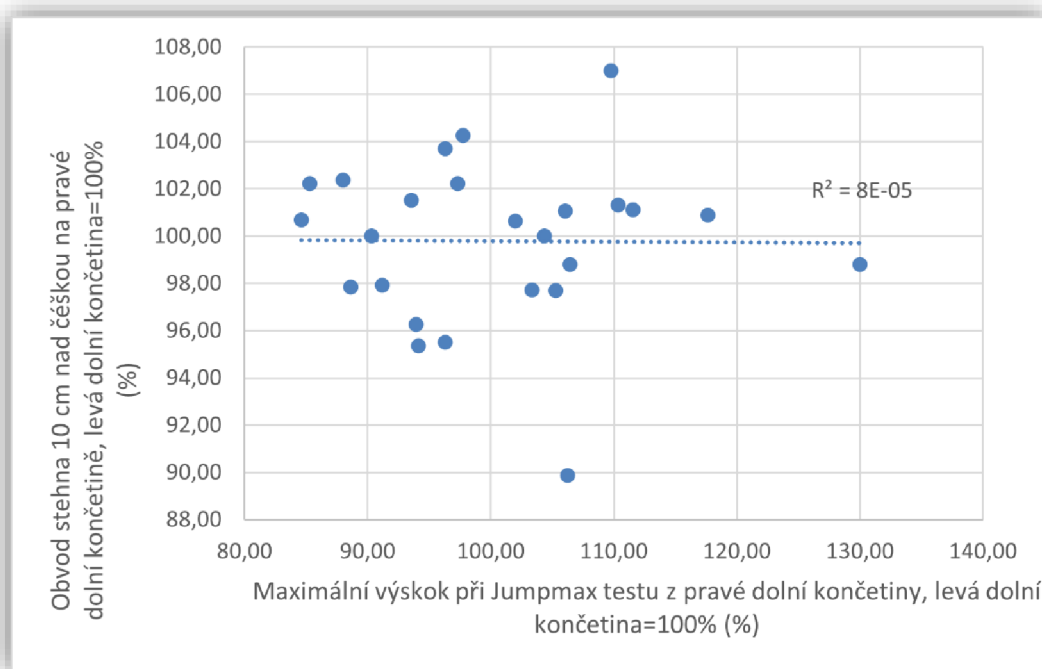
Obrázek 22. Porovnání obvodů stehna nad patelou každého atleta s Jumpmax testem.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje výsledky Jumpmax testu. Z grafu je zřejmé, že 13 probandů provedlo vyšší výskok pravou dolní končetinou a 12 probandů výš vyskočilo levou dolní končetinou. Modrá barva zobrazuje obvod stehna deset centimetrů nad patelou, který byl měřený v centimetrech. Celkem 14 běžců má větší obvod stehna na pravé dolní končetině, devět běžců má větší obvod stehna na levé dolní končetině a dvěma atletům byl naměřen stejný obvod stehna na obou dolních končetinách. Celkem 11 běžců dosáhlo vyššího výskoku z končetiny s větším obvodem stehna nad patelou.

Pearsonův korelační koeficient v závislosti výskoku při Jumpmax testu a obvodu stehna 10 cm nad patelou dosáhl hodnoty $-0,087$, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

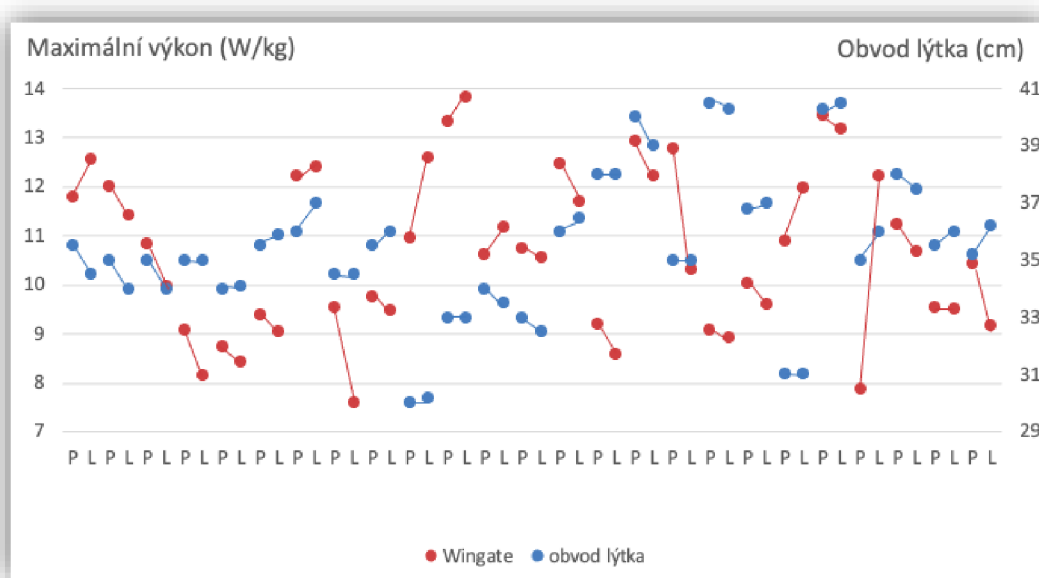
Na obrázku č. 23 je zobrazen vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem stehna 10 cm nad čěškou.



Obrázek 23. Vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem stehna 10 cm nad patelou.

Porovnání obvodů DK s Wingate testem

Na obrázku č. 24 je znázorněno porovnání obvodů lýtek každého atleta a maximální výkony přepočtené na kg jedince při Wingate testu. Celkem 36 % probandů dosáhlo vyššího výkonu při Wingate testu končetinou s větším obvodem lýtky. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y zobrazuje obvody lýtek v nejširším místě v centimetrech, na hlavní ose y jsou zobrazeny maximální výkony dosažené při Wingate testu přepočtené na kg jedince.



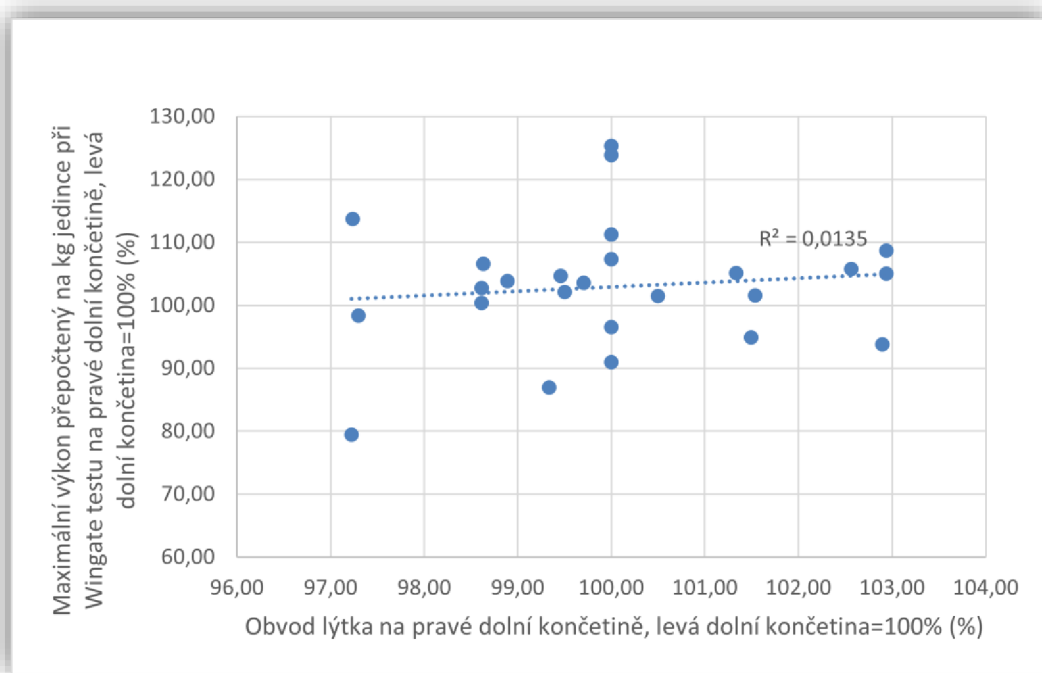
Obrázek 24. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s obvody lýtek.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje maximální výkon dosažený při Wingate testu přepočtený na kg jedince pravou i levou dolní končetinou. Celkem 18 běžců podalo vyšší výkon končetinou s větším množstvím svalové hmoty, tj. pravá dolní končetina. Zbývajících 7 probandů podalo vyšší výkon levou dolní končetinou. Modrá barva zobrazuje obvod lýtky v centimetrech. Celkem 8 běžců má větší obvod lýtky na pravé dolní končetině, 11 běžců má větší obvod lýtky na levé dolní končetině a 6 atletům byl naměřen stejný obvod lýtky na obou dolních končetinách. Pouze 9 běžců dosáhlo vyššího výkonu při Wingate testu končetinou s větším obvodem lýtky.

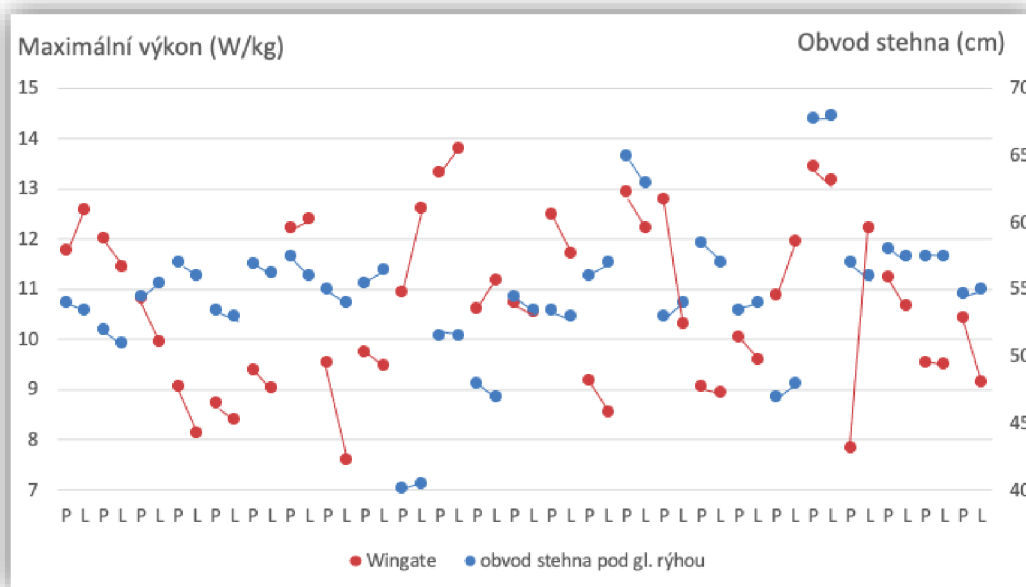
Pearsonův korelační koeficient v závislosti maximálního výkonu přepočteném na kg jedince a obvodu lýtky dosáhl hodnoty 0,116, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 25 je znázorněn vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem lýtka.



Obrázek 25. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem lýtka.

Na obrázku č. 26 je znázorněno porovnání obvodů stehna pod gluteální rýhou každého probanda a maximální výkony přepočtené na kg jedince dosažené při Wingate testu. Celkem 48 % probandů podalo vyšší výkon při Wingate testu končetinou s větším obvodem stehna. Na ose x jsou zobrazeny obě DK každého probanda, vedlejší osa y zobrazuje obvody stehna pod gluteální rýhou v centimetrech, na hlavní ose y jsou zobrazeny maximální výkony dosažené při Wingate testu přepočtené na kg jedince.



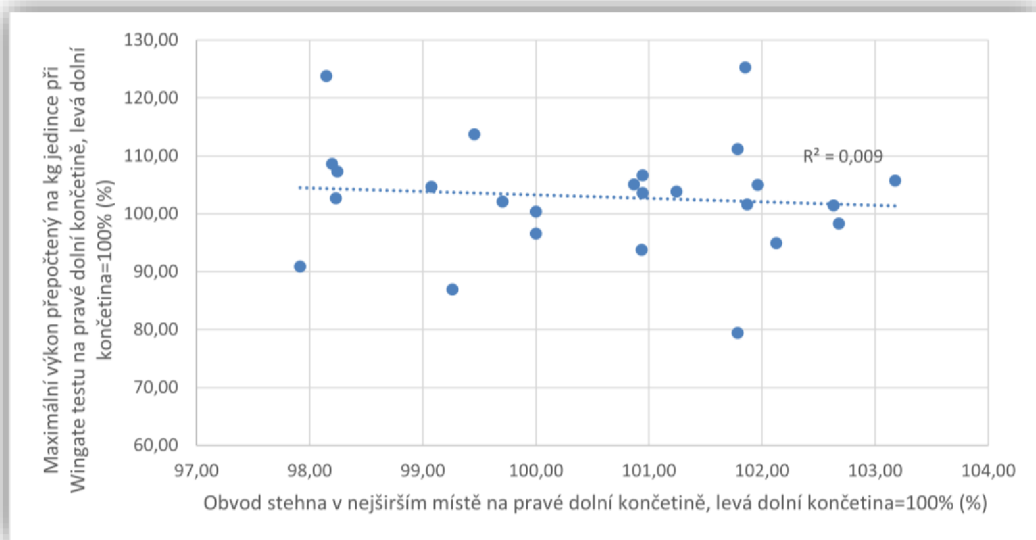
Obrázek 26. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s obvody stehna v nejširším místě.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje maximální výkon podaný při Wingate testu přepočtený na kg jedince oběma DK. Celkem 18 běžců podalo vyšší výkon končetinou s větším množstvím svalové hmoty, tj. pravá dolní končetina. Modrá barva zobrazuje obvod stehna v jeho nejširším místě (pod gluteální rýhou), který byl měřen v centimetrech. Celkem 13 běžců má větší obvod stehna na pravé dolní končetině, 10 běžců má větší obvod stehna na levé dolní končetině a pouze 2 atletům byl naměřen stejný obvod stehna na obou dolních končetinách. Pouze 12 atletů podalo vyšší výkon končetinou s větším obvodem stehna.

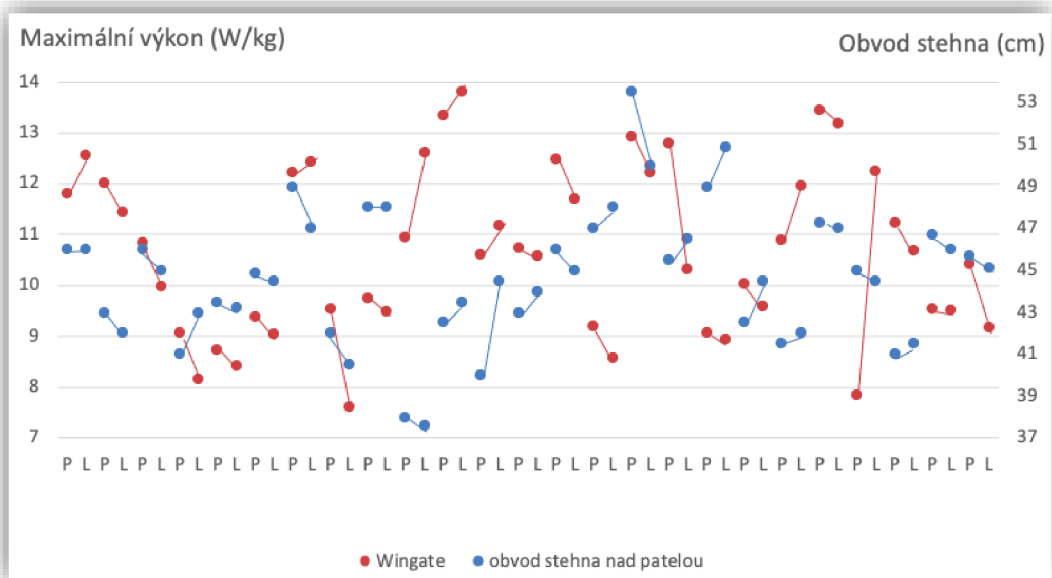
Pearsonův korelační koeficient v závislosti maximálního výkonu přepočteného na kg jedince a obvodu stehna v nejširším místě (pod gluteální rýhou) dosáhl hodnoty $-0,095$, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 27 je zobrazen vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem stehna pod gluteální rýhou.



Obrázek 27. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem stehna pod gluteální rýhou.

Na obrázku č. 28 je znázorněno porovnání obvodů stehna 10 cm nad patelou každého atleta a maximální výkony přepočtené na kg jedince dosažené při Wingate testu. Z grafu můžeme vyčíst, že pouze 48 % probandů podalo vyšší výkon končetinou s větším obvodem stehna. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y zobrazuje obvody stehna 10 cm nad patelou v centimetrech, na hlavní ose y jsou zobrazeny maximální výkony dosažené při Wingate testu přepočtené na kg jedince.



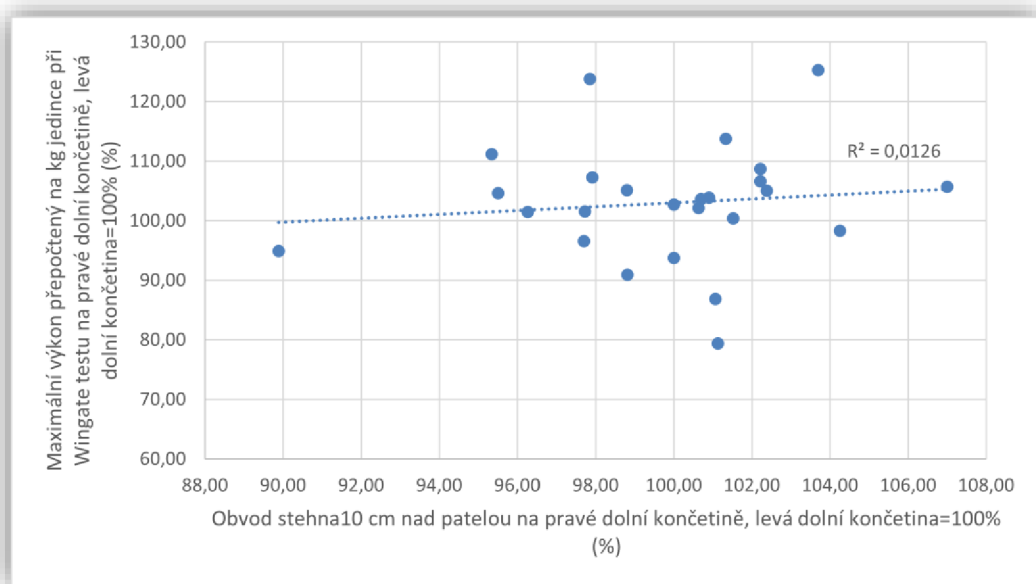
Obrázek 28. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s obvody stehna nad patelou.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje maximální výkon podaný při Wingate testu přepočtený na kg jedince oběma DK. Celkem 18 běžců podalo vyšší výkon končetinou s větším množstvím svalové hmoty, tj. pravá dolní končetina. Modrá barva zobrazuje obvod stehna 10 centimetrů nad patelou, který byl měřený v centimetrech. Celkem 14 běžců má větší obvod stehna na pravé dolní končetině, 9 běžců má větší obvod stehna na levé dolní končetině a 2 atletům byl naměřen stejný obvod stehna na obou dolních končetinách. Z celkového počtu 25 atletů podalo vyšší výkon končetinou s větším obvodem stehna pouze 12 atletů.

Pearsonův korelační koeficient v závislosti maximálního výkonu přepočteného na kg jedince a obvodu stehna 10 cm nad patelou dosáhl hodnoty $-0,095$, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 29 je znázorněn vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem stehna 10 cm nad patelou.

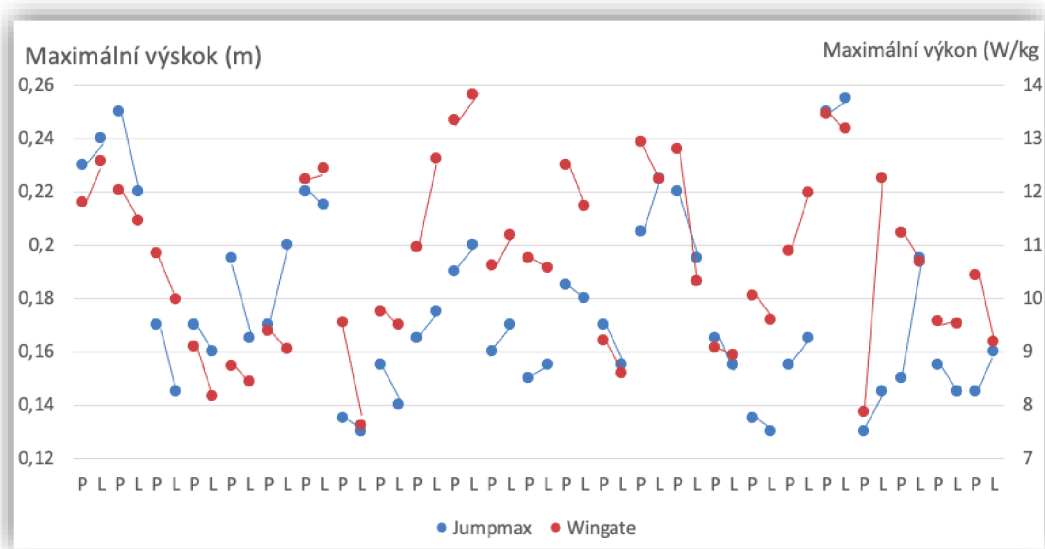


Obrázek 29. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem stehna 10 cm nad patelou.

Všechny tři obrázky vypovídají o tom, že končetina s větším obvodem nepodává vždy vyšší výkon při Wingate testu.

Porovnání Wingate testu s Jumpmax testem

Na obrázku č. 30 je znázorněno porovnání maximálních výskoků při Jumpmax testu každého atleta a maximální výkony přepočtené na kg jedince při Wingate testu. Celkem 72 % atletů dosáhlo vyššího výskoku při Jumpmax testu končetinou, která podala vyšší výkon při Wingate testu. Na ose x jsou zobrazeny obě DK všech probandů, vedlejší osa y zobrazuje maximální výkony dosažené při Wingate testu přepočtené na kg jedince na hlavní osu y jsou zaneseny maximální výkony při Jumpmax testu v cm.



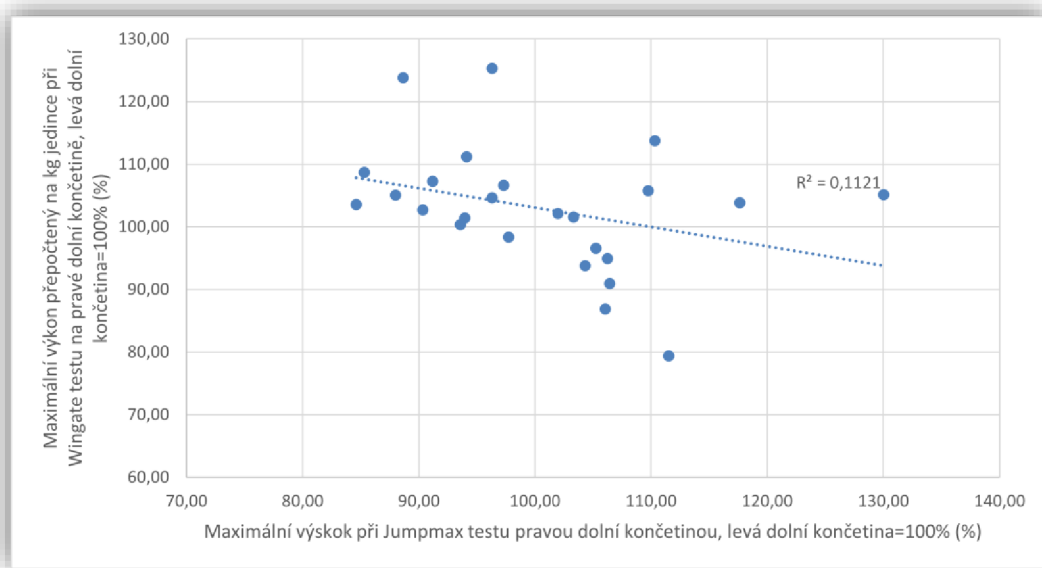
Obrázek 30. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s výsledky Jumpmax testu.

Tečky zanesené do grafu znázorňují pravou a levou dolní končetinu, tečky spojené souvislou přímkou znázorňují obě DK jednoho probanda.

Červená barva v grafu znázorňuje maximální výkon podaný při Wingate testu přepočtený na kg jedince oběma DK. Celkem 18 běžců podalo vyšší výkon pravou dolní končetinou. Celkem 7 probandů podalo vyšší výkon levou dolní končetinou. Modrá barva v grafu znázorňuje výsledky Jumpmax testu. Z grafu je zřejmé, že 13 probandů vyskočilo výš pravou dolní končetinou a 12 probandů výš vyskočilo levou dolní končetinou. Celkem 18 probandů provedlo vyšší výskok končetinou, kterou podali vyšší výkon při Jumpmax testu. To znamená 5 probandů levou a 15 probandů pravou dolní končetinou. Z obrázku je zřejmé, že končetina, která podala vyšší výkon při Jumpmax testu, nemusí podat i vyšší výkon při Wingate testu.

Pearsonův korelační koeficient v závislosti maximálního výkonu přepočteném na kg jedince a výskoku při Jumpmax testu dosáhl hodnoty $-0,335$, což je menší než kritická hodnota, a to znamená, že výsledek je statisticky nevýznamný.

Na obrázku č. 31 je znázorněn vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince při Wingate testu a maximální výskok při Jumpmax testu.



Obrázek 31. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince při Wingate testu a maximální výskok při Jumpmax testu.

6 Diskuse

V diplomové práci jsme porovnávali množství svalů a tuku na jednotlivých dolních končetinách, které byly měřeny na nášlapové váze Tanita. Poté byly naměřeny obvody segmentů dolních končetin, které byly následně porovnávány. Dále byly srovnávány výkony naměřené na bicyklovém ergometru, kde byl k testování použit Wingate test a výkony naměřené na odrazové reakční plošině, kde byl použit Jumpmax test. Naměřené hodnoty Wingate testu byly porovnány se svalovou hmotou na dolních končetinách. Hodnoty naměřené na reakční plošině byly porovnány s množstvím svalové hmoty na DK a obvody segmentů DK. Hodnoty naměřené na jednotlivých segmentech DK byly porovnány s množstvím svalové hmoty na DK. Po výpočtu normality pomocí Shapiro-Wilkova testu data ukázala normální distribuci. Z toho důvodu jsme použili parametrický test Pearsonův korelační koeficient.

Nebyl prokázán významný vztah mezi množstvím svalové hmoty a hodnotou vykonaného výkonu při Wingate testu přepočteného na kg jedince u jednotlivých končetin. Podobně jako ve studii Bahenský, Tlustý, Marko, & Veithová (2021). Ani v případě jednotlivých dolních končetin není výkon ve Wingate testu významně ovlivněn množstvím svalové hmoty, pokud mluvíme o absolutním výkonu. Tento výsledek jsme potvrdili v naší diplomové práci, ale opačného závěru se dobrali Bahenský, Marko, Bunc, & Tlustý, 2020 ve své studii. Vztah mezi absolutním výkonem při Wingate testu a množstvím svalové hmoty na jednotlivých dolních končetinách nebyl potvrzen. Ve studii Bahenský, Marko, Bunc, & Tlustý (2020), kteří se zabývali asymetrií síly, svalů a vzletu u mladých fotbalistů, autoři došli k závěrům, že množství svalové hmoty u mladých fotbalistů neovlivňuje sílu při Wingate testu. To ukazuje pouze na pravděpodobný vliv dovednostní složky. V naší diplomové práci jsme však zaznamenali souvislost mezi svalovou hmotou a rychlostní silou u 18 atletů. U zbylých 7 atletů nebyl podán větší výkon končetinou s větším množstvím svalové hmoty. Pearsonův korelační koeficient v závislosti svalové hmoty a výkonu při Wingate testu dosahuje hodnoty -0,093, jedná se tedy o výsledek nevýznamný. Podle Handla (2009) je při počtu 25 probandů na úrovni $p=0,05$ kritická hodnota 0,3977, aby se jednalo o významný výsledek při použití Pearsonova korelačního koeficientu. Náš závěr by mohl být ovlivněn příliš malým počtem testovaných. Pro lepší viditelnost vztahu mezi svalovinou a výkonem by mohl být širší vzorek testovaných. Ovšem pokud se bavíme

o relativním výkonu, tak ke stejnému závěru došli i Bahenský, Marko, Bunc, & Tlustý (2020), kteří testování realizovali na větším testovacím vzorku (n=65) mladých fotbalistů.

Byl prokázán významný vztah mezi množstvím svalové hmoty a hodnotou výskoku při Jumpmax testu u jednotlivých končetin. Celkem 24 probandů má větší podíl svalové hmoty na pravé dolní končetině a pouze 1 z probandů má na obou dolních končetinách stejné množství svalové hmoty. Zaznamenali jsme souvislost těchto dvou veličin u 13 atletů, kteří dosáhli vyššího výskoku končetinou s větším množstvím svalové hmoty, tj. pravá dolní končetina. Zbývajících 12 probandů podalo vyšší výkon levou dolní končetinou. Pearsonův korelační koeficient dosahuje hodnoty -0,119, to je nižší než kritická hodnota, což znamená, že výsledek je nevýznamný. Ve studii Bahenský, Marko, Bunc, & Tlustý (2020) také nebyl prokázán významný vztah mezi množstvím svalové hmoty a hodnotou výskoku u jednotlivých končetin. Proto tvrdí, že množství svalové hmoty neovlivňuje vzletovou sílu. Nepotvrdil se tedy žádný obecný vztah mezi množstvím svalové hmoty a svalovou silou.

Nebyl prokázán významný vztah mezi výškou výskoku při Jumpmax testu a obvody segmentů DK na jednotlivých končetinách. Korelační koeficient odhalil nevýznamný vztah mezi všemi obvody segmentů DK a výskokem při Jumpmax testu. Ani mezi výkonem při Wingate testu a obvody segmentů DK na jednotlivých končetinách nebyl prokázán významný vztah. Pearsonův korelační koeficient v závislosti obvodů segmentů DK a svalovou hmotou nezjistil významný výsledek. Fialová (2006) říká, že měření obvodů slouží k určení svalové hmoty v určité části těla. V naší diplomové práci jsme došli k tomu, že se nepotvrdil žádný obecný vztah mezi množstvím svalové hmoty a svalovou silou. Což se také potvrdilo ve studii Bahenský, Marko, Bunc, & Tlustý (2020), kde bylo také prokázáno, že množství svalové hmoty roste s věkem. Také Goh, Tain, Tong, Mok, & Wong (2004) uvádí, že s přibývajícím věkem se množství svalové hmoty v těle mění. Jedná se o přirozený biologický vývoj. Ovšem jak již bylo řečeno a také potvrzeno ve studii Bahenský, Marko, Bunc, & Tlustý (2020), nepotvrdil se žádný obecný vztah mezi množstvím svalové hmoty a svalovou silou. Z toho vyplývá, že měření obvodů není adekvátním ukazatelem svalové síly.

Náš testovaný vzorek zahrnoval atlety, kde 40 % běžců má odlišnou vzletovou nohu a preferovanou nohu při specifickém výkonu – kopání. Což může být způsobeno

podle Loffing, Solter, & Hagemann (2014) vrozenými dispozicemi pro řízení vzletu a morfologií příslušných svalů pro preferovanou končetinu. Ve studii Gabbard & Iteya (1996) bylo zjištěno, že většina praváků dává přednost pravé dolní končetině pro manipulaci, což v našem případě byl kop a levé dolní končetině pro posturální držení. U leváků byla zaznamenána opačná tendence. V případě leváků byly výsledky potvrzeny i v naší DP, ale u praváků ne. Ve studii Bahenský, Marko, Bunc & Tlustý (2020), byl tento závěr potvrzen v případě praváků, ovšem v případě leváků nikoli. Sportovci, kteří píšou pravou rukou, preferují převážně i pravou DK pro kopání a levou DK pro odraz. U píšících levou rukou je situace opačná (Gabbard, 1996). V naší diplomové práci bylo toto tvrzení potvrzeno. Celkem 100 % probandů s preferencí pravé ruky preferovali také pravou nohu při testu kopu. Preferenci pravé ruky při psaní, pravé při kopu a levé při výskoku jsme zjistili shodu u 36 % námi testovaných probandů. Celkem 44 % probandů preferovalo při všech třech testech pravou DK. Náš závěr ovšem může být ovlivněný malým počtem testovaných atletů. Ve studii Bahenský, Marko, Bunc & Tlustý (2020), bylo zjištěno, že 54 % jimi testovaných fotbalistů píše pravou, kope pravou a skáče levou nohou.

Nebyla zjištěna významná souvislost mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a maximálním výkonem při Wingate testu. Pearsonův korelační koeficient dosahuje hodnoty -0,335. Z čehož vyplývá, že odrazová dolní končetina je většinou méně výkonná. Výsledek Bahenský, Marko, Bunc & Tlustý (2020), došli k opačnému závěru a říkají, že vztah mezi výskokem a výkonem při Wingate testu může v praxi znamenat možnost posuzování silové kapacity DK. Náš výsledek mohl ovlivnit malý počet testovaných osob.

Z výsledků je zřejmé, že námi testovaní atleti nemají žádné výrazné rozdíly v zapojení jednotlivých dolních končetin.

Z pohledu otázky zabývající se souvislostí mezi výkonnější dolní končetinou při Wingate testu, preferovanou dolní končetinou při testu kopání a preferovanou dolní končetinou při odrazu, bylo zjištěno, že při Wingate testu přepočteném na kg hmotnosti jedince 18 běžců podalo vyšší výkon pravou DK a 7 běžců podalo vyšší výkon levou DK. Při testu kopu bylo zjištěno, že 24 probandů kope pravou DK a pouze 1 proband kope levou DK. Celkem 13 atletů preferuje při odrazu pravou DK a 12 atletů preferuje levou DK. Celkem u 52 % atletů byla zjištěna souvislost mezi výkonnější dolní

končetinou při Wingate testu, preferovanou dolní končetinou při testu kopání a preferovanou dolní končetinou při odrazu.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zjištění komparace množství svalové hmoty a zapojení preferenční a dominantní dolní končetiny při Wingate testu a testu výskoku u adolescentních běžců.

Nebyl prokázán významný vztah mezi množstvím svalové hmoty a hodnotou výkonu při Wingate testu u jednotlivých končetin. Tím byla zamítnuta hypotéza č. 1. Byla ovšem zaznamenána souvislost mezi těmito komponentami u 18 sportovců z 25. Možným ovlivněním našich závěrů by mohl být malý vzorek testovaných.

Nebyl prokázán významný vztah mezi množstvím svalové hmoty a hodnotou výskoku při Jumpmax testu u jednotlivých končetin. Tím byla zamítnuta hypotéza č. 2. Byla ovšem zaznamenána souvislost mezi těmito komponentami u 13 atletů z 25.

Nebyl prokázán významný vztah mezi výškou výskoku při Jumpmax testu a obvody segmentů DK na jednotlivých končetinách. Tím byla zamítnuta hypotéza č. 3.

Nebyl prokázán významný vztah mezi výkonem při Wingate testu a obvody segmentů DK na jednotlivých končetinách. Ovšem hodnota věcné významnosti vyšla v záporných hodnotách. Tím byla zamítnuta hypotéza č. 4.

Nebyl prokázán významný vztah mezi výškou výskoku při Jumpmax testu a hodnotou výkonu při Wingate testu u jednotlivých končetin. Tím byla zamítnuta hypotéza č. 5. Byla ovšem zaznamenána souvislost mezi těmito komponentami u 18 atletů z 25.

V odpovědi na vědeckou otázku, která zní: „Existuje souvislost mezi výkonnější dolní končetinou při Wingate testu, preferovanou dolní končetinou při testu kopání a preferovanou DK při odrazu?“ Lze říct, že celkem u 52 % atletů byla zjištěna souvislost mezi výkonnější dolní končetinou při Wingate testu, preferovanou dolní končetinou při testu kopání a preferovanou dolní končetinou při odrazu.

Pro zobecnění závěrů by se za limity naší práce dal považovat příliš malý počet probandů. Výsledky diplomové práce mohou posloužit trenérům jednotlivých probandů k vyhodnocení dosažených výsledků. Mohou pomoci odhalit svalové dysbalance a funkčnost svalů na jednotlivých dolních končetinách a může pomoci v případném upravení tréninkového plánu k jejich kompenzaci. Případné rozdíly mezi dolními končetinami se sníží během atletické kariéry s použitím dostatečné a vyvážené zátěže, která respektuje individualitu. Ovšem z výsledků je zřejmé, že námi testovaní

atleti nemají žádné výrazné rozdíly mezi zapojením jednotlivých dolních končetin.
Závěrem mohu říct, že se nám podařilo splnit všechny úkoly a cíle.

Referenční seznam literatury

- Alibejk, H. & Angaji, A. (2010). Developmental Aspects of Left-handedness. *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, 4(5), 877–881.
- Ayres, T. & Gottlieb, M. (2006). Occurrence of right vs. left side injury location in elite sprinters who train on an oval 400m track. *New Studies in Athletics*, 21(4), 51–56.
- Bahenský, P., Marko, D., Bunc, V., & Tlustý, P. (2020). Power, muscle, and Take-Off Asymmetry in Young Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(17), 6040.
- Bahenský, P., Tlustý, P., Marko, D., & Veithová, L. (2021). Svalová, silová a odrazová asymetrie u mladých fotbalistů. *Studiea Kinanthropologica*, 22(2), 95–103.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitko, K., Štefl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: Univerzita Karlova.
- Behnke, R., S. (2006). *Kinetic anatomy*. Champaign: Human Kinetics.
- Brierley, J., K. (2000). *7 prvních let života rozhoduje: [nové poznatky o vývoji mozku a výchova dítěte]*. Praha: Portál.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cuk, T., Leben-Seljak, P., & Stefancic, M. (2001). Lateral asymmetry of human long bones. *Var. Evol.*, 9(19), 19–32.
- Drnková, Z. & Syllabová, R. (1983). *Záhada leváctví a praváctví*. Praha: Avicentrum.
- Drnková, Z. & Syllabová, R. (1991). *Záhada leváctví a praváctví. 2. vydání*. Praha: Avicentrum.
- Fialová, L. (2006). *Moderní body image*. Praha: Garda.
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 50(4), 465–474.
- Gabbard, C. & Iteya, M. (1996). Foot laterality in children, adolescents, and adult. *Laterality*, 1(3), 199–205.
- Grasgruber P. & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Goh, V., Tain, C. F., Tong, T., Mok, H., & Wong M. T. (2004). Are BMI and other anthropometric measures appropriate as indices for obesity? A study in an Asian population. *Journal of lipid research*, 45(10), 1892–1898.
- Healey, J. M. (2002). *Leváci a jejich výchova*. Praha: Portál.
- Hebák, P., Bílková, D., & Svobodová A. (2004). *Praktikum k výuce matematické statistiky II*. Praha: Oeconomica.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hendl, J. (2009). *Přehled statistických metod*. Praha: Portál.
- Hepper, P.G. (2013). The developmental origins of laterality: Fetal handedness. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 55(6), 588–595.
- Hnízdil, J. & Havel, Z. (2012). Rozvoj a diagnostika vytrvalostních schopností. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně.
- Kapreli, E., Athanasopoulos, S., Papathanasiou, M., Van Hecke, P., Strimpakos, N., Gouliamos, A., Peeters, R., & Sunaert, S. (2006). Lateralization of brain activity during lower limb joints movement. *An fMRI study*. *Neuroimage* 32, 1709–1721.
- Kasa, J. (2001). *Športová kinantropológia: (terminologický a výkladový slovník)*. Bratislava: Slovenská vědecká spoločnosť pre telesnú výchovu a šport.
- Kirk, R. (1996). Practical significance: A concept whose time has come. *Educational and Psychological Measurement*, 56(5), 746–759.
- Koukalík, F. (2000). *Lidský mozek: funkční systémy, normy a poruchy*. Praha: Portál.
- Křišťánová, L. (1998). *Diagnostika laterality a metodika psaní levou rukou*. Praha: Gaudeamus.
- Löffing, F., Sölter, F., & Hagemann, N. (2014). Left preference for sport tasks does not necessarily indicate left-handedness: Sport-specific lateral preferences, relationship with handedness and implications for laterality research in behavioural sciences. *PLoS ONE*, 9(8).
- Lipková, J. (1999). *Projevy laterality pohybové činnosti*. Bratislava: UK v Bratislavě.

- Manual LEM 10 with ProJump. (2015).
- Matějček, Z. (1975). *Vývojové poruchy čtení*. Praha: SPN.
- Měkota, K. (1983). *Kapitoly z antropomotoriky*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Riegerová J., Přidalová M., Ulbrichová M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.
- Sainburg, R.L. (2016). Laterality of basic motor control mechanisms: *Different roles of the right and left brain hemispheres*. In *Laterality in Sports*; Loffing, F., Hagemann, N., Strauss, B., MacMahon, C., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, pp. 155–177.
- Sovák, M. (1962). *Lateralita jako pedagogický problém*. Praha: Univerzita Karlova.
- Sovák, M. (1979). *Výchova leváků v rodině*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Stöckel, T. & Carey, D.P. (2016). Laterality effects on performance in team sports: Insights from soccer and basketball. *Academic press*, 14(16), 309-328.
- Synek, F. (1991). *Záhady levorukosti*. Praha: Horizont.
- Struhár, I., Novotný, J., Bernaciková, M., Kapounková, K., Pospíchal, V., & Tomášková, I. (2019). *Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi*. Brno: Masarykova univerzita.
- Štumbauer, J. (1990). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích.
- Vagenas, G. & Hoshizaki, B. (1992). A multivariable analysis of lower extremity kinematic asymmetry in running. *Int. J. Sport Biomech*, 8(1), 11–29.
- Yamauchi, J. & Ishii, N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *J. Strength Cond. Res*, 21(3), 703–709.
- Zelinková, O. (2003). *Poruchy učení*. Praha: Portál.
- Zelinková, O. (2001). *Pedagogická diagnostika a individuální vzdělávací program: [nástroje pro prevenci, nápravu a integraci]*. Praha: Portál.
- Zoche, H., J. (2006). *Vidím svět i z druhé strany: Mimořádné schopnosti leváků*. Praha: Ikar.
- Zvonař, M., Duvač, I., Kolářová, K., Maleček, J., Sebera, M., & Vespalec, T. (2011). *Antropomotorika pro magisterský program tělesná výchova a sport*. Brno: muni PRESS.
- Internetové zdroje:**
- Compek (2010). Cortex Metacontrol 3000. Přístup dne 28. 4. 2021, z <http://www.compek.cz/cortex-metacontrol-3000.htm>
- Dafit (2021). Tělesný tuk. Přístup de 13. 2. 2022, z <https://www.dafit.cz/uskali-ztraty-telesneho-tuku-u-zen/?fbclid=IwAR3WR5Rak2ccgoYTq05u3CNbCUDTetPYQbWeY92osySGXoiMXGnX1ehqXjE>
- Fitham (2021). Tanita BC-418 MA. Přístup dne 27. 4. 2021, z <https://www.fitham.cz/tanita-bc-418-ma>
- Polar (2021). Hrudní pás POLAR H7 Bluetooth černý. Přístup dne 28. 4. 2021, z <https://www.polar-eshop.cz/hrudni-pas-polar-h7-bluetooth-cerny>
- Fitham (2021). Tanita BC-418 MA. Přístup dne 26. 4. 2021, z <https://www.fitham.cz/tanita-bc-418-ma>
- Nosek M. & Valter L. (2010). Atletika pro školní TV. Přístup dne 25.3. 2022, z <http://pf.ujep.cz/~nosek/atletika/index.html>
- Prukner V. & Machová I. (2011). Didaktika atletiky. Přístup dne 25.3. 2022, z http://iks.upol.cz/wp-content/uploads/2014/04/Didaktika_atletiky-Prukner.pdf

Seznam obrázků

Obrázek 1. Průměrné množství svalové hmoty probandů.	35
Obrázek 2. Průměrné množství tuku na dolních končetinách probandů.	36
Obrázek 3. Preference HK, DK.	37
Obrázek 4. Procento zastoupení atletů s preferovanou HK (psaní) a dolní končetinou (kopání).	38
Obrázek 5. Přehled obvodů DK.	39
Obrázek 6. Porovnání množství svalové hmoty a maximálního výkonu na kg jedince při Wingate testu.	40
Obrázek 7. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince při Wingate testu a svalovou hmotou na DK.	41
Obrázek 8. Porovnání množství svalové hmoty a maximálního výkonu jedince při Wingate testu.	42
Obrázek 9. Vztah mezi maximálním výkonem DK při Wingate testu a svalovou hmotou.	43
Obrázek 10. Porovnání maximálního výskoku atletů při Jumpmax testu a svalové hmoty na DK.	44
Obrázek 11. Vztah mezi maximálními výskoky při Jumpmax testu a svalovou hmotou.	45
Obrázek 12. Porovnání obvodů lýtek každého atleta a svalové hmoty na dolních končetinách probandů.	46
Obrázek 13. Vztah mezi svalovou hmotou a obvodem lýtek.	47
Obrázek 14. Porovnání obvodů stehna pod gluteální rýhou každého atleta s množstvím svalové hmoty na DK.	48
Obrázek 15. Vztah mezi svalovou hmotou a obvodem stehna pod gluteální rýhou.	49
Obrázek 16. Porovnání obvodů stehna 10 cm nad patelou každého atleta s množstvím svalové hmoty na DK.	49
Obrázek 17. Vztah mezi svalovou hmotou a obvodem stehna 10 cm nad patelou.	50
Obrázek 18. Porovnání obvodů lýtek každého atleta s Jumpmax testem.	51
Obrázek 19. Vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem lýtky.	52
Obrázek 20. Porovnání obvodů stehna pod gluteální rýhou každého atleta s Jumpmax testem.	53
Obrázek 21. Vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem stehna v nejširším místě.	54
Obrázek 22. Porovnání obvodů stehna nad patelou každého atleta s Jumpmax testem.	54
Obrázek 23. Vztah mezi maximálním výskokem při Jumpmax testu a obvodem stehna 10 cm nad číškou.	55
Obrázek 24. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s obvody lýtek.	56
Obrázek 25. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem lýtky.	57
Obrázek 26. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s obvody stehna v nejširším místě.	58
Obrázek 27. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem lýtky pod gluteální rýhou.	59
Obrázek 28. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s obvody stehna nad patelou.	59
Obrázek 29. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince a obvodem stehna 10 cm nad patelou.	60
Obrázek 30. Porovnání výsledků Wingate testu přepočtených na kg jedince s výsledky Jumpmax testu.	61
Obrázek 31. Vztah mezi maximálním výkonem přepočteným na kg jedince při Wingate testu a maximální výskok při Jumpmax testu.	62