

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**POROVNÁNÍ MĚŘENÍ VERTIKÁLNÍHO SKOKU POMOCÍ
MOBILNÍ APLIKACE S REFERENČNÍ METODOU**

Bakalářská práce

Autor: Felix Šrámek

Studijní program: Tělesná výchova pro vzdělávání se specializacemi

Vedoucí práce: RNDr. Krejčí Jakub, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Felix Šrámek

Název práce: Porovnání měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace s referenční metodou

Vedoucí práce: RNDr. Krejčí Jakub, Ph.D.

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Rok obhajoby: 2024

Abstrakt:

Tato bakalářská práce zkoumá přesnost a využitelnost mobilní aplikace My Jump 2 pro měření vertikálního skoku. Srovnává ji s tradiční dynamometrickou (silovou) plošinou. Studie zahrnovala dva specifické typy skoků: Countermovement Jump (CMJ) a Countermovement Jump with Free Arms (CMJA). Výzkum se zaměřil na dva testované soubory: první soubor tvořilo devět reprezentačních lezců (průměrný věk: 20 let, průměrná hmotnost: 60,93 kg) a druhý soubor čtrnáct rekreačních sportovců (průměrný věk: 25 let, průměrná hmotnost: 69,84 kg). Každý účastník provedl dva skoky každého typu, které byly hodnoceny pomocí obou metod.

Data byla analyzována s využitím Pearsonova korelačního koeficientu a Bland-Altmanových grafů, což potvrdilo vysokou shodu mezi aplikací My Jump 2 a silovou plošinou pro oba typy skoků. Systematická chyba měření byla pro CMJ 0,82 cm a náhodná chyba 0,83 cm; pro CMJA byly tyto hodnoty 0,90 cm a 0,91 cm (druhý testovaný soubor). V důsledku pochybení experimentátora bylo provedeno i měření s nastavením kamery na 30 snímků za sekundu (první testovaný soubor), které odhalilo zvýšenou systematickou chybu 1,1 cm a náhodnou chybu 1,2 cm, což zdůrazňuje význam správného nastavení kamery pro přesnost výsledků.

Tento výzkum ukazuje, že aplikace My Jump 2 poskytuje dostatečně přesné výsledky jako tradiční metoda a je vhodná pro použití v trenérské praxi a přímo sportovci.

Klíčová slova:

mobilní aplikace, vertikální skok, silová plošina, korelace, náhodná chyba, systematická chyba

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovnických služeb.

Bibliographical identification

Author: Felix Šrámek
Title: Comparison of vertical jump measurement using a mobile app with the reference method

Supervisor: RNDr. Jakub Krejčí, Ph.D.
Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology
Year: 2024

Abstract:

This bachelor thesis examines the accuracy and usability of the My Jump 2 mobile application for measuring vertical jumps. It compares it to a traditional dynamometric (force) platform. The study included two specific types of jumps: Countermovement Jump (CMJ) and Countermovement Jump with Free Arms (CMJA). The research focused on two tested groups: the first group consisted of nine elite climbers (average age: 20 years, average body mass: 60.93 kg) and the second group fourteen recreational athletes (average age: 25 years, average body mass: 69.84 kg). Each participant performed two jumps of each type, which were evaluated using both methods.

Data were analyzed using the Pearson correlation coefficient and Bland-Altman plots, which confirmed a high agreement between the My Jump 2 application and the force platform for both types of jumps. The systematic measurement error was 0.82 cm, and the random error was 0.83 cm for CMJ; for CMJA, these values were 0.90 cm and 0.91 cm (second tested group). Due to a operator setup error, measurements were also conducted with the camera set at 30 frames per second (first tested group), which revealed an increased systematic error of 1.1 cm and a random error of 1.2 cm, highlighting the importance of proper camera settings for result accuracy.

This research shows that the My Jump 2 application provides comparably accurate results as traditional methods and is suitable for use in coaching practice and directly by athletes.

Keywords:

Mobile application, vertical jump, force platform, correlation, random error, systematic error.

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením RNDr. Jakuba Krejčího, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 29. dubna 2024

.....

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jakobovi Krejčímu, Ph.D., pracovníkům katedry přírodních věd v kinantropologii a pracovníkům AC BALUO za pomoc a cenné rady, které mi poskytli při zpracování této práce.

OBSAH

Obsah	7
1 Úvod	9
2 Přehled poznatků	10
2.1 Svalová síla.....	10
2.2 Silové schopnosti	11
2.2.1 Rozdělení silových schopností.....	11
2.2.2 Motorické testy	13
2.2.3 Diagnostika silových schopností.....	14
2.2.4 Rozvoj síly	15
2.3 Vertikální skok	17
2.3.1 Druhy testování vertikálního skoku.....	18
2.3.2 Výpočet výšky vertikálního skoku	20
2.3.3 Silová plošina.....	21
2.3.4 Aplikace MyJump 2.....	21
3 Cíle.....	24
3.1 Hlavní cíl.....	24
3.2 Dílčí cíle.....	24
3.3 Výzkumné otázky.....	24
4 Metodika	25
4.1 Výzkumný soubor 1	25
4.2 Výzkumný soubor 2	25
4.3 Metody sběru dat	25
4.4 Statistické zpracování dat.....	27
5 Výsledky.....	29
5.1 Měření s nastavením kamery na 30 snímků za vteřinu	29
5.2 Měření s doporučeným nastavením kamery na 240 snímků za vteřinu	34
5.3 Praktické aspekty využití mobilní aplikace	38
6 Diskuse	40
7 Závěry	42

8	Souhrn	43
9	Summary.....	44
10	Referenční seznam	45

1 ÚVOD

Jako téma pro svou bakalářskou práci jsem zvolil téma „Porovnání měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace s referenční metodou“. Ve své práci tedy budu porovnávat výsledky měření vertikálního skoku s pomocí mobilní aplikace My Jump 2 a referenční metody. Jako referenční metodu jsem zvolil dynamometrickou plošinu, protože nabízí porovnání měření na stejné bázi jako mobilní aplikace a je ověřena mnohými vědeckými studiemi.

Cílem mé bakalářské práce je na základě porovnání naměřených dat zjistit, zda je měření pomocí mobilní aplikace přesné a tím určit, je-li využitelná pro běžnou trenérskou praxi. Mobilní aplikaci jsem si vybral kvůli jejímu snadnému použití v terénních podmínkách, proto ji mohli ocenit zvláště trenéři.

Mou motivací pro výběr tohoto tématu bylo to, že diagnostika ve sportu je mi blízká. Jednak jsem sám sportovec a proto vím, jak je pro sportovce důležité posouvat své fyzické limity a s tím je spojené právě měření a monitorování výkonnosti. Kladl jsem si tedy otázku, jak pomoci sportovcům a trenérům, kteří nemají prostředky na zajištění laboratorního testování, aby si mohli monitorovat svoje výsledky a posuny, alespoň co se týče explozivní síly dolních končetin.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Svalová síla

Faktory jako velikost svalových vláken a rychlost jejich aktivace mohou ovlivnit svalovou sílu. Práce na druhé straně reprezentuje množství energie potřebné k přemístění objektu vzdorujícím silám. Přestože svalová síla ovlivňuje schopnost vykonávat práci, závisí práce na délce trajektorie pohybu. Dále, kosterní svaly jsou schopné udržet specifickou úroveň izometrické síly nebo výkonu prostřednictvím různých svalových akcí, jako jsou koncentrické a excentrické pohyby, což je vlastnost známá jako vytrvalost. Flexibilita, interní atribut tkání, rovněž určuje, jak daleko je možné se pohnout bez rizika zranění (Ide et al., 2023).

Rychlost, vytrvalost, obratnost, tzv. motorická kondice a koordinace je při sportu podmíněna v neposlední řadě svalovou silou. Dvě definice síly:

1. Síla ve fyzikálním smyslu vysvětluje změny pohybových stavů těles:

- Pokud na těleso nepůsobí žádná síla, pak toto těleso zůstává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu (1. Newtonův pohybový zákon).

- Pokud na těleso působí stála síla, pak mu uděluje zrychlení, jehož velikost je závislá na velikosti působící síly a na hmotnosti tělesa (2. Newtonův pohybový zákon) neboli: $F = m \cdot a$. Jednotkou síly je $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, čili N (Newton).

- Pokud na těleso působí silou jiné těleso, pak první těleso působí stejně velkou silou opačného směru na těleso druhé (3. Newtonův zákon neboli zákon akce a reakce).

2. Síla v biologickém smyslu je schopnost svalu překonávat odpor (koncentrická kontrakce – sval se zkracuje), působit proti odporu (excentrická kontrakce – sval se natahuje), případně zadržovat tíhu (izometrická kontrakce – mění se napětí svalu bez změny jeho délky). Motorická síla se projevuje ve čtyřech formách: jako maximální síla, rychlostní síla, výbušná síla a vytrvalostní síla (Grosser, Ehlenz, Griebel, & Zimmermann, 1998).

Síla je termín s různorodými významy, důležité je odlišit sílu jako fyzikální pojem popisující příčinu pohybu – vypočítanou jako součin hmotnosti a zrychlení – od biologického pojmu síly, který se vztahuje na schopnost svalu vyvíjet sílu skrze jeho fyziologické a psychické vlastnosti, jako jsou dráždivost, stažlivost a psychické aspekty. Schopnost svalů generovat sílu při kontrakci, přeměňující chemickou energii na sílu a teplo, je zásadní pro jejich funkci. Toto vyvinutí síly, i když spojené se svalovou aktivitou, se liší od schopnosti vyvinout sílu v kontextu fyzikální definice. Síla jako komplexní schopnost zahrnuje interní předpoklady pro generování fyzické síly,

jejíž optimalizace a využití umožňuje sportovcům efektivně vykonávat pohybové úkoly. Silové schopnosti tvoří základ pro svalovou aktivitu s nasazením síly, která obvykle činí minimálně 30 % z individuálně dosažitelného maxima, což se považuje za běžný silový potenciál. V rámci sportu má síla klíčovou roli v každé disciplíně, ať už jako primární faktor nebo jako podpůrný prvek, s rozdílným významem napříč sporty od střelby po vzpírání. Trénink svalové síly se odvíjí od specifických potřeb daného sportu a zohledňuje individuální specifika sportovců. Síla je významná nejen ve sportu, ale i pro udržení zdraví a tělesné zdatnosti. Nové vědecké poznatky rozšiřují porozumění rozvoji síly a nabízejí nové pohledy na tréninkové metody. V této práci chápeme sílu jako schopnost svalů překonávat, udržovat nebo brzdit odpor při různých režimech svalové aktivity (Lehner et al., 2012).

2.2 Silové schopnosti

V mnoha sportech je úroveň silových schopností klíčovým faktorem pro sportovní úspěch, přičemž jejich význam se liší v závislosti na typu disciplíny a délce trvání soutěže. V určitých sportech je síla rozhodující, zejména v těch, kde sportovci musí překonávat velký odpor, ať už je to odpor vybavení (jako ve vzpírání a vrhačských disciplínách), odpor vlastního těla (například v gymnastice nebo skocích), přímý fyzický odpor protivníka (v zápasech) nebo odpor okolního prostředí (jako ve veslování, lyžování, plavání). Síla hraje roli i v týmových sportech, především v těch kontaktních, jako je hokej, ragby nebo házená, kde je rovněž klíčové překonávat odpor soupeře. Ve specifických případech může být síla použita jako sportu podle individuálních potřeb, od obecného posílení silového základu po specifické zlepšení konkrétní silové schopnosti nebo kombinace schopností ve vztahu k danému sportu (Perič & Dovalil, 2010).

Podle Čelikovského et al. (1979) je silová schopnost považována za klíčový prvek, který umožňuje projev ostatních dovedností během pohybové aktivity, a bez níž by se tyto dovednosti nemohly efektivně uplatnit. V oblasti antropomotoriky se definuje jako schopnost jedince překonávat vnější odpor nebo síly v souladu s konkrétním pohybovým úkolem. Jako taková je silová schopnost zásadním a nedílným prvkem pohybového systému člověka.

Havel a Hnízdil (2009) poukazují na to, že silová schopnost představuje rozhodující faktor pro jedince, nezbytný k projevení ostatních schopností v průběhu pohybové aktivity. Dále zdůrazňují, že je klíčová jak pro sportovní výkonnost, tak pro rehabilitaci.

2.2.1 Rozdělení silových schopností

Silové schopnosti se kategorizují do tří základních typů: statická síla, dynamická síla a jejich specifická podoba, explozivní síla. Statická síla vyjadřuje kapacitu svalů odolávat pevnému

odporu bez změny jejich délky, manifestuje se jako schopnost svalů vyvinout maximální úsilí (tah, tlak, stisk, torze) vůči nějakému fixovanému bodu v izometrickém režimu. Na druhé straně, dynamická síla charakterizuje schopnost svalů vyvíjet sílu během pohybu, umožňuje přesunutí těžkého zátěže prostřednictvím specifických kloubních pohybů s tím, že svaly se mohou zkracovat nebo prodlužovat v izotonickém či auxotonickém režimu. Může být buď jednorázová, jako při zvedání těžké váhy, nebo opakovaná, například při provádění shrbů. Explosivní síla, speciální forma dynamické síly, se vyznačuje schopností rychle vyvinout maximální sílu nebo uvolnit maximální množství energie v jednom rychlém úkonu, což se projevuje ve zvýšeném zrychlení tělesa nebo objektu, jako je v případě skoku nebo vrhu. Dále existuje rozdělení silových schopností dle jejich umístění na těle (např. síla horních končetin, síla trupu), směru působení (flexe, extenze, rotace) nebo typu pohybové aktivity (odrazová síla), což je podstatné pro jejich testování a interpretaci výsledků (Měkota & Blahuš, 1983).

Dělení silových schopností vychází primárně z typů svalové kontrakce, které jsou určující pro stimulaci silových schopností. Svalových kontrakcí rozeznáváme několik typů. Podle změn délky svalu a podle napětí svalu hovoříme o kontrakci:

Izometrické, statické – napětí se zvyšuje, délka se nemění.

Izotonické, dynamické – mění se délka svalu, napětí zůstává přibližně stálé stejné. Dynamickou (izotonickou) kontrakci můžeme dělit ještě podle typu pohybu svalu na:

- koncentrickou – sval se zkracuje, napětí se nemění;
- excentrickou, brzdovou – sval se násilím protahuje, napětí se nemění. Typ svalové kontrakce se stává východiskem pro klasifikaci druhů silových schopností. Rozdělení je založeno na vnějším projevu, typu svalové kontrakce a na požadavcích jejich rozvoje.

Statická síla: je charakteristická izometrickou kontrakcí, úsilí se neprojevuje pohybem, většinou se jedná o udržení těla nebo břemene v určitých polohách.

Dynamická síla: podstatou je izotonická kontrakce, projevuje se pohybem hybného systému i jeho částí. V souvislosti s velikostí odporu (např. hmotnost břemen), i velikost odporu prostředí a s rychlostí pohybu můžeme dynamickou sílu dále diferencovat na:

- **výbušnou (explozivní) sílu** – je charakteristická maximálním zrychlením a nízkým odporem – využíváme jí při odrazech, hodech, kopech apod.
- **rychlou sílu** – spočívá v nemaximálním zrychlení a v nízkém odporu - např. starty, opakované rychlé nástupy v judo, série úderů v boxu, běh přes překážky

- **vytrvalostní sílu** – pracuje se s nízkým odporem a nevelkou stálou rychlostí – veslování, kanoistika, silniční cyklistika

- **maximální sílu** – překonává vysoký až hraniční odpor malou rychlostí – vzpírání, zápas apod., je základem pro ostatní druhy silových schopností (výbušnou, rychlou a vytrvalostní sílu).

Dále je možné rozlišovat sílu absolutní (je daná například nejvyšší hmotností vzepřeného břemene) a relativní (nejvyšší hmotnost břemene dělená hmotností sportovce). Tréninkem je nezbytné uvádět vždy do souladu rozvoj maximální, výbušné, rychlé a vytrvalostní síly. Dosaženou úroveň je třeba nejen udržovat, ale i dále rozvíjet (Perič & Dovalil, 2010, p 78-79).

Kasa (1995) definuje explozivní sílu jako dynamickou schopnost svalů rychle zrychlit tělo nebo jeho části prostřednictvím intenzivního svalového úsilí. Toto zrychlení a svalová aktivita jsou v plavání užitečné nejen při provádění startovních skoků a obrátkách. Výkonnost sportovce ovlivňuje řada faktorů, které je třeba efektivně využívat ve prospěch lepších výsledků.

2.2.2 Motorické testy

Všechny obecné teorie měření můžeme charakterizovat jako reprezentační teorie. Objektům měření se přiřazují čísla (popř. číslice), aby reprezentovala jejich vlastnosti v souladu s vědeckými zákony či alespoň určitými pravidly. Měření je tedy chápáno jako přiřazování numerických výrazů nebo jako numerické zobrazování, jemuž se přiznává reprezentační funkce. Proces měření vždy zahrnuje tři složky: objekt měření, výsledek měření a určité zprostředkující empirické operace (Měkota & Blahuš, 1983, p 9).

Dále se podle Měkoty a Blahuše (1983) testy dělí na laboratorní a terénní podle místa, kde jsou prováděny. Laboratorní testy poskytují ideální podmínky pro standardizaci testovacího procesu, včetně odhlučnění, klimatizace a přesných instrukcí zaznamenaných na nosiči. V laboratořích je rovněž možné využít citlivé měřicí přístroje, což umožňuje získat přesná data. Ovšem laboratoř je umělým prostředím, které obvykle neumožňuje provádění pohybových aktivit na velké ploše, což může být limitující. Na druhé straně, terénní testy se uskutečňují přímo v prostředí, kde probíhá tělovýchovný proces, jako jsou tělocvičny, sportovní haly, posilovny, bazény nebo sportovní hřiště. Toto přirozené prostředí je více přístupné a realistické pro testované osoby. Avšak, i když terénní testy poskytují autentičtější kontext, možnosti pro

standardizaci a nasazení sofistikované měřicí techniky jsou v těchto podmínkách často omezené, což může ovlivnit přesnost a opakovatelnost výsledků.

2.2.3 Diagnostika silových schopností

Pro zjištění počáteční úrovně síly u různých svalových skupin nebo specifických typů svalové síly je důležitá diagnostika. Pro identifikaci potenciálních slabostí, nerovnováh v svalovém systému nebo pro posouzení, jak efektivně se svalová síla rozvíjí během vzdělávacího či tréninkového procesu, je vyžadována pečlivá analýza. Jelikož není možné silovou schopnost přímo měřit, využívají se k hodnocení silové úrovně jak laboratorní, tak terénní testy (Havel & Hnízdl, 2009).

Testy statické síly: Dynamometrie představuje základní a často jedinou techniku využívanou pro měření statické síly, která je považována za základ pro hodnocení všech ostatních typů silových schopností. Tato metoda se aplikuje také pro posouzení lokální statické vytrvalosti. Při dynamometrickém měření se používají speciální přístroje, známé jako dynamometry, které mohou být navrženy na mechanickém principu nebo, v případě pokročilejších modelů, na principu přeměny neelektrické veličiny na elektrický signál. K zajištění standardizace pozice během testování se často využívá speciální fixační zařízení, jako jsou dynamometrická křesla nebo lehátka.

Obrázek 1

Silová plošina FP8 2003.



(HUR labs, 2013)

Testy dynamické síly explozivní: Explozivní dynamická síla se uplatňuje v pohybech s výbušným charakterem, jako jsou vrhy, údery, kopy nebo hody do dálky. Nejtypičtějším projevem této schopnosti jsou různé typy skoků, kde se síla projevuje při odrazu od země. V rámci testů pro měření explozivní síly horních končetin se často využívají hody (buď jednoruční nebo obouruční) na určitou vzdálenost, přičemž je důležité, aby byla hmotnost použitého náčiní adekvátní a technika provedení co možná nejjednodušší, někdy i bez rozběhu nebo ze sedu. Měření se provádí zjištěním vzdálenosti hodu či vrhu a výsledky se vyjadřují v metrech nebo centimetrech. Pro testování explozivní síly dolních končetin jsou obvyklé skoky z místa, buď do dálky nebo do výšky (vertikální skok). Délka skoku se měří snadno, například pásmovou mírou nebo optickým měřidlem. Zjištění výšky vertikálního skoku neboli zdvihu těžiště těla je složitější a k tomuto účelu se využívají skokoměry různého typu (Měkota & Blahuš, 1983).

Markovic (2007) ve své studii uvádí, že test countermovement jump (CMJ) má nejvyšší souvislost s faktorem výbušné síly. Ostatní skákové testy mají nižší, ale relativně homogenní korelaci s výbušnou silou dolních končetin. Na základě výsledků této studie lze konstatovat, že CMJ a squat jump (SJ), měřené pomocí kontaktní podložky a digitálního časoměru, jsou nejspolehlivějšími a nejvalidnějšími terénními testy pro odhad výbušné síly dolních končetin.

2.2.4 Rozvoj síly

V poslední době si většina trenérů na všech úrovních sportu uvědomuje význam rozvoje silových schopností. Pro dosažení technické dokonalosti a rychlého provedení základních pohybů, což je klíčové v mnoha sportovních disciplínách, je nezbytná adekvátní silová příprava. Tato příprava nejen že přispívá k lepším sportovním výsledkům díky přímé souvislosti mezi silou a výkonem, ale také hraje roli v prevenci zranění. Z tohoto důvodu jsou tréninkové programy zaměřené na rozvoj síly pečlivě přizpůsobeny specifickým potřebám sportovců, přičemž se bere v úvahu jak maximální síla, tak rychlostně-silové a silově-vytrvalostní schopnosti. Zatímco maximální síla a rychlostně-silové schopnosti vyžadují intenzivní práci s malým objemem a nízkými metabolickými požadavky, silově-vytrvalostní schopnosti jsou obvykle spojené s větším objemem zatížení a vyšší únavou. Maximální síla je určena schopností překonat největší možný

odpor nebo vyvinout maximální napětí v svalu, a to v různých režimech – překonávajícím, ustupujícím nebo statickém (Moravec et al., 2007).

- **Metody rozvoje výbušné síly** – Rychlost a explozivnost svalové síly závisí nejen na síle samotné, ale také na schopnosti sportovce dosáhnout určitého procenta své maximální síly v krátkém časovém intervalu. Tato schopnost je ovlivněna nejen celkovou maximální silou, ale také koordinací vnitřních a mezi svalových procesů. Na druhé straně, vytrvalostní síla je definována schopností udržet určitou část maximální síly po delší dobu a je ovlivněna jak maximální silou, tak aerobními a anaerobními vytrvalostními schopnostmi (Moravec et al., 2007).

Při všech formách skákání a běhání probíhají tzv. protahovací a zkracovací cykly, tj. uplatňuje se výbušná síla. Faktory ovlivňující výkon jsou přitom tyto: průřez svalových vláken, stupeň nitrosvalové koordinace, elasticita svalů, šlach a vazů a inervační schopnosti vazů (Grosser, Ehlenz, Griebel, & Zimmermann, 1998).

Úroveň výbušné síly můžeme zvyšovat prostřednictvím následujících postupů, případně jejich kombinacemi:

Zvyšování svalové hmoty – zvětšování svalového průřezu.

Zlepšení nitrosvalové koordinace – při řešení pohybové úlohy se nezapojují všechny motorické jednotky, ale odhaduje se, že asi 60 %, i když v extrémních situacích se zapojuje víc motorických jednotek (u topících dokonce až 90 %). Organismus mobilizuje tolik motorických jednotek, kolik je potřebných na vyřešení pohybové úlohy. Tímto dochází k výběru prostředků, jako např. seskok z vyvýšeného místa (až 2 m) - zabrzdění, kdy je stehno rovnoběžné s podložkou; stimulační jsou dřepy, sedy, výskoky od 90 % z maximální hmotnosti.

• **Zlepšení mezisvalové koordinace** – jde o souhru svalových skupin, které se na výšce výskoku podílejí. Doplňková zátěž nemusí být velká.

• **Zlepšení (zvýšení) energetických zásob** – ve svale je pohotovostní zásoba ATP, CP, která není velká – na vykonání cca 5 opakování; využívá se princip superkompenzace, kdy tréninkem dochází k vyčerpání energetických zdrojů, přičemž následně využíváme odpočinek.

U trénovaných sportovců je energetická zásoba mnohem větší (Sedláček, Lednický, 2010).

Na zvýšení explozivní síly se nejčastěji používají tři tréninkové metody:

Využití tradičních tréninkových programů s využitím odporu, kde se využívá poměrně vysoká intenzita vykonávání cvičení v relativně pomalé rychlosti pohybu.

Další tréninkovou metodou na zvyšování výbušné síly jsou **plyometrické cvičení**, vyžadující rychle zrychlení a zpomalení hmotnosti těla během dynamického pohybu. Tělesná

hmotnost sportovců se používá nejčastěji, ale použití pomůcek, jako jsou např. míče, závaží či zátěžové vesty poskytují stejně dobrý tréninkový stimul při realizaci různých plyometrických cvičení.

Třetí tréninkovou metodou je **kombinací tradiční tréninkové metody s využitím odporu a plyometrického tréninku**. Tato forma odporového tréninku je balistickým typem tréninku, který je vykonávaný při nižší intenzitě a má tři hlavní fáze: počáteční fáze koncentrické kontrakce, která začíná pohybem; druhá fáze se opírá o generovanou hybnost z počáteční fáze, a nakonec třetí fáze zpomalení, provázená excentrickou kontrakcí (Pupišová, 2013).

2.3 Vertikální skok

Kromě platných a spolehlivých izometrických a izokinetických hodnocení svalové síly a výkonu dolních končetin, je výkonnostní vertikální skok – zejména výška skoku – považován za důležitý funkční parametr pro atletickou populaci, zejména v kolektivních sportech. Je proto důležité zajistit, aby měření výšky vertikálního skoku prováděná v rámci výzkumu nebo podpory sportovců měla odpovídající platnost (tj. rozsah, v jakém přístroj měří to, co má měřit) a spolehlivost (tj. konzistentnost nebo stabilitu měření (Glatthorn et al., 2011)

Vzorec pohybu vertikální skok je možné zachytit v mnoha sportovních disciplínách využíván sportovci v různých sportovních disciplínách. Jedná se o klíčový prvek v kolektivních sportech (basketbal, házená, fotbal, volejbal apod.) i ve sportech jednotlivců (gymnastika, atletika, skoky do vody apod.). Ve většině těchto případů by se trenér daného odvětví měl skokům věnovat za účelem dosahování sportovních výsledků. Není však automatické, že rozvoj této fyzické dovednosti spadá výhradně do rukou trenéra. Mnoho hráčů se na svou přípravu zaměřuje také samostatně, kde rozvoj vertikálního skoku představuje důležitou část jejich individuálního tréninkového plánu (Kuncíř, 2021).

Vertikální skok je speciálním případem odrazu, kdy svalová síla působí ve vertikálním směru (platí $FREA = FREA_V$), kde $FREA$ je reakční síla a $FREA_V$ je reakční síla vertikální. Pro uskutečnění odrazu musí být v tomto případě splněna podmínka $FREA > G$. Po úpravě dostáváme základní pohybovou rovnici ve tvaru $FREA - G - m \cdot a = 0$, kde $m \cdot a$ je setrvačná síla. Vertikální skok patří do skupiny svislých vrhů. Dosažená výška je určena velikostí počáteční (odrazové) rychlosti. Je považován za základní test pro posouzení výbušné síly dolních končetin. Jeho výhodou je relativní jednoduchost pohybové struktury, s minimálními prostorovými nároky na provedení (limitujícím prostorovým faktorem je např. výška stropu v místnosti). Nevýhodou je obtížné určení přesné výšky skoku (Janura, Bizovská, Svoboda, & Klein, 2023, p. 4-5).

2.3.1 Druhy testování vertikálního skoku

Dynamografie

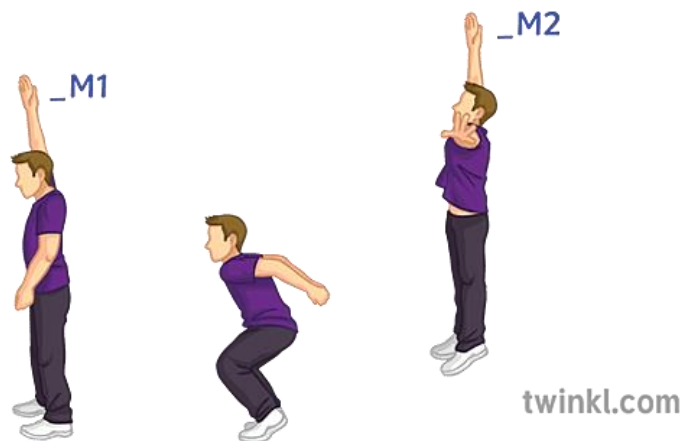
V laboratorních podmínkách často vertikální skoky provádíme a proměřujeme na dynamometrické plošině (desce), která spolu s dalším zařízením umožňuje snímat a registrovat tlaky působící na podložku během odrazu, zaznamenávat časový průběh skoku. Indikátorem, ze kterého usuzujeme na úroveň explozivní síly testované osoby, může být silový impuls I, nebo prostý údaj o trvání bezoporové fáze vertikálního skoku. Při terénním testování je tímto indikátorem délkový údaj. Vycházíme z předpokladu, že za jinak stejných podmínek se vyšší úroveň schopnosti (dynamické síly explozivní) projeví větší délkou i výškou skoku, popřípadě hodu či vrhu (Měkota, 1979, p. 62).

Výskok dosažený (Sargentův skok)

Vertikální skok, podle autora, který jej poprvé při testování použil, nazývaný též Sargentův skok, je jedním ze základních motorických testů (Měkota & Blahuš, 1983, p. 135).

Obrázek 2

Obrázek provedení Sargentova skoku



(twinkl.com, 2023)

Na stěnu připevníme nebo vyznačíme centimetrovou stupnici (od místa, kam dosáhne nejmenší účastník). Pak si testovaný stoupne ke stěně, vzpaží dominantní paži, na plných chodidlech se vytáhne a označí místo, kam až rukou dosáhne (křídou, páskou apod.). Potom odstoupí asi 15-20 cm od stěny a mírným podřepem a zapažením se snaží odrazem snožmo vyskočit, jak nejvýše umí, a v nejvyšším bodu výskoku se prsty dominantní paže dotkne stěny. Aby bylo vidět, kam až dosáhl, může si namočit konečky prstů ve vodě nebo

je nabílit křídou. Měříme rozdíl mezi výškou dotyku ve stoji a výškou dotyku při výskoku (kolmou vzdálenost v cm). Každý má tři pokusy – počítá se nejlepší. Pro měření lze využít jednoduchého zařízení (sada lehkých tyček umístěných nad sebou v odpovídající výšce), za jehož pomoci se skokan snaží dosáhnout na co nejvyšší tyčku, kterou pohne (Ďoubalík, 2003, p. 71).

Abalakovův test

Jedná se o test vertikálního skoku, který ve své práci popisují jako CMJA (Countermovement jump free arms). Šimonek (2012) ho ve své práci popsal takto Účelem Abalakova testu odrazové výbušnosti je změřit sílu svalů dolních končetin pomocí speciální variace testu vertikálního výskoku. Tento test byl pojmenován po svém tvůrci, Abalakovovi, v roce 1938 a je součástí Boscovova systému měření výšky skoku. Klíčovým prvkem tohoto testu je možnost využití švihů paží, který pomáhá dosáhnout maximální možné výšky výskoku. K provedení testu se používá zařízení Bosco Ergojump System nebo podobné zařízení jako je silová plošina. Postup testování spočívá v tom, že testovaný stojí vzpřímeně, naboso nebo v ponožkách na silové plošině, přičemž má hmotnost těla rovnoměrně rozloženou na obou nohách. Z pevné pozice testovaný vykoná dřep, dokud nejsou kolena v úhlu 90°, a následně plynule přejde do výskoku, přičemž si pomáhá švihem paží. Odraz je proveden najednou oběma nohama bez předchozího kroku. Důležité je, aby testovaný nepřerušil svůj pohyb při přechodu do dřepu a výskoku – musí být plynulý. Pro závěrečné hodnocení se registruje nejlepší pokus ze tří měřených.

Modifikací tohoto testu je provádět ho skokem typu CMJ (Countermovement jump), při kterém má testovaný ruce v bok. Další možností je SJ (Squad jump), který se provádí tak, že pro testovaného je výchozí pozice ze dřepu s rukama v bok.

Boscovův test

K provádění testu se používá zařízení Bosco Ergojump System nebo jiné podobné zařízení, jako je silová plošina. Součástí vybavení jsou také stupně o výšce 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm a 100 cm. Test probíhá tak, že testovaný stojí na stupni odpovídající výšce, s rukama v bok, kde zůstanou po celou dobu testu. Následně testovaný seskakuje z tohoto vyvýšeného místa přímo na silovou plošinu a ihned po dosednutí vykonává vertikální skok, přičemž dopadá na stejné místo. Mezi jednotlivými pokusy je nutné zaručit dostatečnou dobu pro regeneraci (Šimonek, 2012).

2.3.2 Výpočet výšky vertikálního skoku

Metod pro výpočet výšky vertikálního skoku existuje několik. Zásadní rozdíl mezi nimi je to, na jakém principu fungují.

Linthorne (2001) uvádí, že při analýze možností pro výpočet výšky skoku z dat zaznamenaných silovou plošinou se vyskytují tři primární metody. Jednou z nezákladnějších metod je zjištění doby trvání skoku ve vzduchu a následné použití kinematických vzorců pro pohyb s konstantním zrychlením. Pro získání přesnějších výsledků lze použít metodu, která spočívá ve využití dat o síle a čase a aplikaci teorému impulsu a hybnosti, což demonstruje význam numerické integrace.

Výpočet výšky skoku na základě doby trvání fáze, kdy se tělo nenachází v kontaktu s podložkou, vychází z principu, že doba vystoupení do nejvyššího bodu je identická s dobou pádu zpět. Použitím zařízení schopného změřit dobu, po kterou není tělo v kontaktu s podložkou (například kontaktní podložky nebo systémy pracující na bázi fotobuněk), lze výšku skoku určit vzorcem $h = \frac{1}{2}gt^2$, kde $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ představuje gravitační zrychlení a t je celková doba trvání fáze bez kontaktu. Tento vztah vychází z obecného vzorce pro určení dráhy při volném pádu $s = \frac{1}{2}gt^2$, kde t je čas pádu. Proto se za t dosazuje polovina celkového změřeného času fáze bez kontaktu, $t = \text{tbf}/2$. Hlavní předností této metody je její přesnost a jednoduchost, avšak mezi potenciální nevýhody patří potřeba specifického měřicího zařízení a fakt, že skutečná výška skoku může být ovlivněna změnami v trvání fáze bez kontaktu, jako je například pokrčení nohou před dopadem nebo dopad na celá chodidla (Janura, Bizovská, Svoboda, & Klein, 2023).

Moir (2007) ve své práci popisuje tři metody pro určení výšky vertikálního skoku. Jednou z možností je změřit čas, který sportovec stráví ve vzduchu (TIA – time in air). Dalším způsobem je vypočítat vertikální rychlost těžiště v okamžiku vzletnutí (TOV – take-off velocity). Posledním přístupem je spočítat vertikální posunutí těžiště před vzletnutím a přičíst ho k výšce získané pomocí TOV (TOV+s). Čas ve vzduchu je určen jako interval mezi vzletnutím a následným dotykem po fázi letu. Využití tohoto času ve vzorci pro rovnoměrně zrychlený pohyb umožňuje odhadnout výšku skoku, kde $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ a t značí čas ve vzduchu:

$$TIA = \frac{1}{2}g(t/2)^2$$

Vertikální rychlost těžiště se vypočítá integrací vertikální síly podle pravidla lichoběžníku, přičemž data jsou normalizována na tělesnou hmotnost sportovce. Integrace začíná na začátku skoku a končí v momentu vzletnutí. Jak délka integrace, tak zvolená metoda mají minimální vliv na odchylku ve výsledné vertikální rychlosti při skocích měřených na silové plošině. Použití vertikální rychlosti těžiště v okamžiku vzletnutí ve vzorci pro rovnoměrně zrychlený pohyb pak poskytuje odhad výšky skoku:

Výška skoku $TOV=TOV^2/2g$

kde TOV je vertikální rychlost těžiště v okamžiku vzletnutí a $g=9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Pro zjištění vertikálního posunutí těžiště během kontaktu s podložkou je třeba vertikální sílu integrovat dvakrát. Kladné vertikální posunutí těžiště před vzletnutím se poté přičte k výšce skoku získané z TOV . To umožňuje určit celkové kladné vertikální posunutí těžiště od výchozí polohy sportovce ($TOV+s$).

2.3.3 Silová plošina

Silové platformy se využívají v mnoha odvětvích, včetně crash testování automobilů, klinické analýzy chůze a zkoumání sportovní techniky. Tento přístroj, obdélníkové kovové desky o rozměrech zhruba 0,4 m x 0,6 m, je osazen piezoelektrickými nebo tenzometrickými snímači umístěnými v každém rohu. Snímače jsou schopné generovat elektrický signál, který odpovídá síle působící na platformu. Podle třetího Newtonova zákona pohybu platforma nejen zaznamenává sílu, která na ni působí, ale i sílu, kterou vyvíjí na objekt, s nímž je v kontaktu. V případě pohybu na zemi se síla, kterou platforma přenáší na tělo, obvykle označuje jako reakční síla země (Linthorne, 2001).

Výsledky jsou zaznamenány a prezentovány jak v číselné, tak v grafické formě. Každý provedený test může zahrnovat jeden nebo několik skoků, přičemž všechny výsledky lze ukládat, podrobně analyzovat a v případě potřeby i tisknout. Z každého jednotlivého skoku jsou měřeny a následně vypočítány více než dvacet různých parametrů. Mezi tyto parametry patří výška skoku, která je určena na základě rychlosti odrazu a doby trvání fáze letu, výkon, síla, impuls a poměr síly k tělesné hmotnosti. Dále je měřena rychlost vývoje síly v selektivních fázích kontrakce a jsou okamžitě po skoku zobrazeny maximální hodnoty pro většinu zmíněných parametrů. Tento komplexní přístup umožňuje detailní hodnocení výkonnosti a efektivity skoku, což je klíčové pro objektivní analýzu a optimalizaci tréninkových metod (HUR labs, 2013).

2.3.4 Aplikace MyJump 2

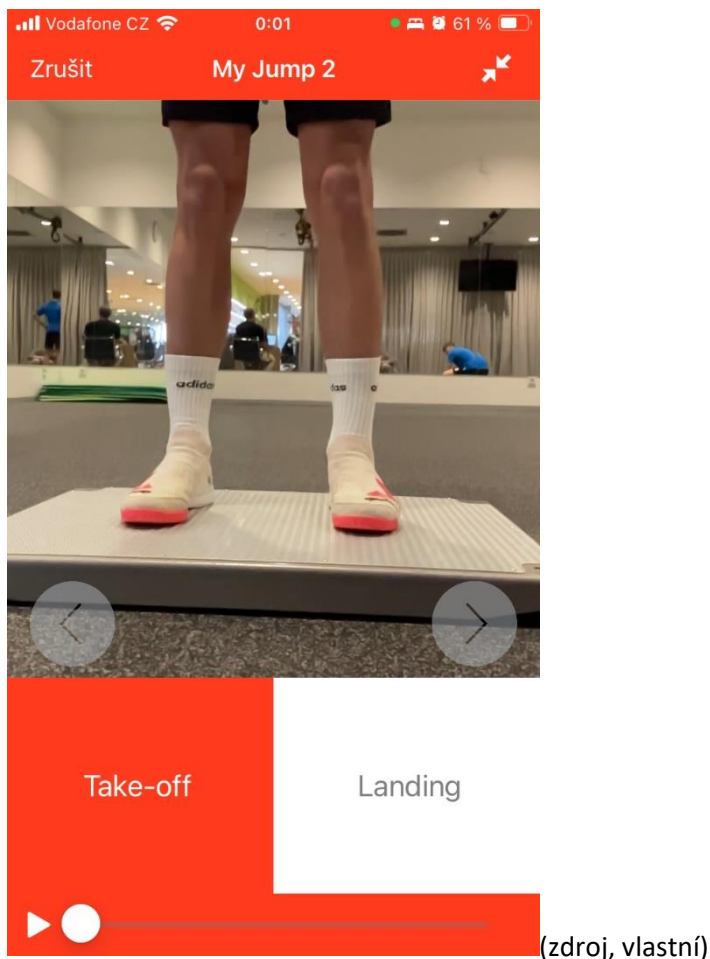
Materiály vydané autorem Balsalobre-Fernándezem popisují MyJump 2, jako aplikaci využívající vysokorychlostní kameru mobilních zařízení k záznamu zpomalených videí skoků. Poté stačí vybrat vzletový a kontaktní okamžik a MyJump 2 poskytne spolehlivou a platnou výšku skoku, stejně jako silové nebo infračervené platformy. Navíc MyJump 2 měří sílu, rychlost a silový profil vašich skoků, stejně jako další relevantní proměnné, jako je doba kontaktu, vertikální

tuhost nebo index reaktivní síly, jednoduchým a přesným způsobem. Funguje se všemi iOS 9+ a Android 6.0+, i když nejlepších výsledků dosáhnete se zařízeními, které zaznamenávají zpomalený záběr pohybu (Balsalobre-Fernández,2023).

Původní studie od autora aplikace říká, že aplikace pro výpočet výšky CMJ byla vyvinuta pomocí softwaru (XCode 5.0.5 pro Mac OSX 10.9.2; Apple Inc., USA) speciálně navrženého tak, aby poskytoval potřebné nástroje pro zachycení snímků skoku a následné výpočty. MyJump byl navržen pro analýzu vertikálních skoků, aby bylo možné vypočítat čas (v ms) mezi dvěma snímky vybranými uživatelem a následně vypočítat výšku skoků pomocí rovnice pro výpočet výšky skoku podle doby bezoporové fáze (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015).

Obrázek 1

Uživatelské rozhraní pro měření vertikálního skoku v aplikaci



MyJump 2 je aplikace navržená pro analytické účely v oblasti sportovní výkonnosti, zaměřující se především na hodnocení skokové výkonnosti. Tento nástroj poskytuje uživatelům

možnost provádět detailní analýzy skoků za pomoci video záznamů, což umožňuje přesné měření různých parametrů skoku.

Jednou z klíčových funkcí aplikace je analýza vertikálního skoku, která umožňuje uživatelům hodnotit výšku a techniku skoku z místa, odrazového skoku, a skoku s předklonem. Každý z těchto typů skoků poskytuje unikátní informace týkající se schopnosti sportovce generovat sílu z různých pozic.

Aplikace rovněž zahrnuje funkci pro měření horizontálního skoku, což je relevantní pro sporty vyžadující rychlý pohyb nebo schopnost generovat sílu v horizontálním směru. Tato funkce rozšiřuje využití aplikace mimo tradiční vertikální skoky, což umožňuje komplexnější pohled na skokové dovednosti sportovce.

Profil síly a rychlosti, který aplikace poskytuje, je dalším příkladem pokročilé funkcionality, jež umožňuje analyzovat a optimalizovat tréninkové plány na základě specifických potřeb sportovce. Tato analýza pomáhá určit, zda je sportovec přirozeně nakloněn k výkonnosti založené na síle nebo rychlosti, což je klíčové pro cílený vývoj fyzických schopností.

Test asymetrie je nástroj aplikace zaměřený na identifikaci a hodnocení možných nerovnováh v síle a výkonnosti mezi končetinami. Tato funkce je zásadní pro prevenci zranění a zajištění rovnoměrného rozvoje fyzických schopností.

Analýza opakovaných skoků přináší užitečné informace o vytrvalosti a schopnosti sportovce udržet výkon v průběhu času. To je obzvláště užitečné pro hodnocení kondice a odolnosti vůči únavě.

MyJump 2 tedy představuje komplexní nástroj pro hodnocení a analýzu skokové výkonnosti v oblasti sportovní vědy a tréninku. S širokou škálou funkcí aplikace umožňuje detailní pohled na různé aspekty skokové výkonnosti, což přispívá k lepšímu pochopení fyzických schopností sportovců a umožňuje efektivnější plánování tréninkových procesů (Balsalobre-Fernández, 2023).

Vstupní hodnoty

Odrazová vzdálenost, známá také jako hpO v odborných publikacích, představuje rozsah pohybu, během něhož sportovec vyvíjí tlak proti podložce za účelem provedení skoku. Tato vzdálenost se vypočítává jako rozdíl mezi délkou nohy a výškou boku sportovce v okamžiku před začátkem skoku. Změření této proměnné je klíčové pro porozumění maximálním výkonům, které může sportovec dosáhnout, a aplikace MyJump ji využívá ve svých výpočtech (Balsalobre-Fernández, 2023).

3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem této bakalářské práce je zhodnotit efektivitu, přesnost a spolehlivost měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace My Jump 2 ve srovnání se silovou plošinou. Toto hodnocení zahrnuje porovnání výsledků měření získaných oběma metodami. Cílem je také vyhodnotit praktickou aplikovatelnost mobilní aplikace MyJump 2 ve sportovním a tréninkovém kontextu a určit její potenciální výhody a omezení ve srovnání s použitím silové plošiny

3.2 Dílčí cíle

- 1) Určit systematickou chybu měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace.
- 2) Určit náhodnou chybu měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace.
- 3) Zvážit praktické aspekty využití mobilní aplikace pro měření vertikálního skoku, jako jsou náklady na vybavení, mobilnost, rychlost a spolehlivost.

3.3 Výzkumné otázky

- 1) Je systematická chyba měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace menší než jeden centimetr?
- 2) Je náhodná chyba měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace menší než jeden centimetr?
- 3) Je aplikace využitelná pro trenérskou praxi a pro samotné sportovce?

4 METODIKA

Pro účely tohoto výzkumu byly sběr a analýza dat provedeny pomocí dvou hlavních metod: měření vertikálního skoku s využitím silové plošiny a paralelně s použitím mobilní aplikace pro analýzu zpomalených záběrů skoku. Tyto metody byly zvoleny s cílem porovnat tradiční měření s moderními technologickými přístupy a ověřit jejich přesnost pro využití v trenérské praxi.

Testování proběhlo v prostorech AC BALUO. Testování vertikálního skoku bylo u všech výzkumných souborů součástí testové baterie, kterou testování podstupovali, takže byli důkladně rozcvičeni. Testování byli před měřením seznámeni s pravidly a průběhem testu. Pro jistotu, aby bylo vše pochopeno správně, jsme předvedli i ukázkou obou typů skoků které jsme měřili. Jednalo se o vertikální skok s protipohybem s rukami v bok (countermovement jump – CMJ) a vertikální skok s protipohybem s pomocí paží (countermovement jump with free arms – CMJA). Každý testovaný vždy provedl dva skoky každého typu. Na stěně před silovou plošinou byla umístěna značka, na kterou se testovaný mohl soustředit a zlepšit tím kvalitu skoku.

4.1 Výzkumný soubor 1

Výzkumný soubor tvořilo 9 lezců z české reprezentace. Průměrný věk souboru byl 20 let. Průměrná tělesná hmotnost souboru byla 60,93 kg.

4.2 Výzkumný soubor 2

Výzkumný soubor tvořilo 14 rekreačních sportovců v průměrném věku 25 let. Průměrná tělesná hmotnost souboru byla 69,84 kg.

4.3 Metody sběru dat

Sběr dat potřebných pro výpočet výšky vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace

Mobilní aplikace MyJump 2 vyžaduje tři vstupní hodnoty, aby byla schopná výpočtu skoků. Před samotným testováním bylo tedy nutné tyto hodnoty zjistit. První vstupní hodnotou je tělesná hmotnost testovaného, kterou jsme zjistili pomocí silové plošiny, která má zabudovanou funkci váhy, kterou následně využívá pro své výpočty. Druhou vstupní hodnotou je délka nohy.

Při zjišťování dalších hodnot jsem postupoval podle instrukcí vydavatele aplikace, tedy takto:

- Změřte vzdálenost od velkého trochanteru femuru (nebo od předního iliakálního hřebene) až ke špičce nohy sportovce, který leží na zádech s úplnou plantární flexí v kotníku. Pro zvýšení přesnosti měření je doporučeno označit polohu velkého trochanteru nebo předního iliakálního hřebene.
- Následně změřte svislou vzdálenost mezi velkým trochanterem stehna (nebo předním iliakálním hřebenem) a zemí, a to v optimální poloze s pokrčenými koleny pro dosažení maximálního výškového skoku. Ideální úhel ohnutí kolene by měl činit přibližně 90 stupňů.

Pro účely bakalářské práce byly tyto míry měřeny vždy od předního iliakálního hřebene (spina iliaca posterior superior) (Čihák, 2011).

Obrázek 2

Vstupní hodnoty pro aplikaci

The screenshot shows a mobile application interface for entering user data. The top status bar displays 'Vodafone CZ', signal strength, Wi-Fi, time '0:35', and battery level '64%'. The app header is red with a back arrow, 'Bakalářka', 'New user', and 'Uložit' buttons. Below the header is a grey circle with 'Add photo'. The main content area is black with 'User data' in red and a help icon. The form fields are:

Field Label	Placeholder Text
Name	Name
Body weight	Body weight (kg)
Leg length	Leg length (in cm)
Height at 90°	Height at 90° (in cm)

(zdroj, vlastní)

Měření vertikálního skoku pomocí silové plošiny

Měření vertikálního skoku prostřednictvím silové plošiny bylo založeno na principu doby letové fáze. Silová plošina, v tomto případě redukována na kontaktní koberec, zaznamenávala dobu, po kterou nebyl účastník v kontaktu s povrchem. Tato metoda spočívá v předpokladu, že doba, kdy účastník není v kontaktu s plochou (letová fáze), koreluje s výškou dosaženého skoku. Výsledky měření tedy poskytly kvantitativní údaje o fyzickém výkonu účastníků ve formě času stráveného ve vzduchu, což umožňuje objektivní hodnocení vertikálního skoku.

Byla použita silová plošina FP8 2003 se softwarem pro testování HUR Labs Jump Test Software na počítači s operačním systémem Windows 8.

Testování provedli vždy dva skoky každého typu, takže výskok provedli celkem čtyřikrát.

Analýza zpomalených záběrů skoku pomocí mobilní aplikace

Paralelně s měřením na silové plošině byl vertikální skok zaznamenáván jak normálním záběrem (30 fps) při prvním testování, tak i zpomaleným záběrem (240 fps) při druhém testování pomocí mobilního telefonu Apple Iphone SE 2022 s operačním systémem iOS 17.4, který byl uchycen do stativu, pro zajištění stability a kvality záběrů. Stativ i s mobilním telefonem byl umístěn 50 cm před silovou plošinou. Tyto záběry byly následně analyzovány prostřednictvím mobilní aplikace navržené pro hodnocení sportovního výkonu. Aplikace umožnila vložit zpomalený záběr skoku a poskytla další analýzu výkonu skoku na základě vizuálních dat.

Analýza probíhala podle instrukcí od vydavatele tj.

- Zaznamenání polohy nohou z frontální perspektivy.
- Pro navigaci v rámci videozáznamu využijte posuvník a pro dosažení vyšší přesnosti posunujte video po jednotlivých snímcích pomocí šipek.
- Identifikujte moment odrazu jako první snímek, na kterém není žádná noha ve styku se zemí.
- Označte moment přistání jako první snímek, kde se alespoň jedna noha znovu dotýká země.

4.4 Statistické zpracování dat

Pro statistické zpracování a analýzu získaných dat byly použity následující statistické metody, s cílem určit přesnost měření vertikálního skoku, a také určit míru shody mezi použitými metodami sběru dat.

Bland-Altmanova metoda

Bland-Altmanova metoda byla aplikována pro posouzení shody mezi výsledky získanými silovou plošinou a analýzou zpomalených záběrů skoku pomocí mobilní aplikace. Tato metoda poskytuje grafické znázornění rozdílů mezi měřeními dvou metod vůči průměru těchto dvou měření. Limit shody (LOS) byl vypočítán, aby určil rozmezí, ve kterém by se měla většina rozdílů mezi oběma metodami nacházet, což umožňuje vizuálně posoudit, zda existují systematické rozdíly mezi metodami (Bland & Altman, 1986).

Při výpočtech Bland-Altmanovi metody zjistíme i hodnoty systematické a náhodné chyby, přičemž systematická chyba je typem chyby, který se opakuje s přibližně stejnou hodnotou a je důsledkem nedokonalosti měřicí metody, způsobená nedokonalou kalibrací nebo jiným trvalým efektem. Náhodná chyba, nesystematická chyba, nebo také náhodná odchylka, se objevuje náhodně a mění svou velikost a směr nepravidelně, což činí její předpověď nemožnou. Pro popis náhodné chyby se obvykle využívají statistické metriky jako spolehlivost, přesnost a reprodukovatelnost měření (Hendl, 2012)

Pearsonův korelační koeficient

Pearsonův korelační koeficient byl využit ke kvantifikaci míry lineární závislosti mezi výsledky měření provedenými silovou plošinou a mobilní aplikací. Výpočet tohoto koeficientu umožňuje posoudit, zda mezi oběma sadami dat existuje silná, střední nebo slabá korelace. Hodnota blížící se 1 naznačuje silnou pozitivní korelaci, zatímco hodnota blížící se -1 indikuje silnou negativní korelaci. Hodnoty blízko nuly ukazují na slabou nebo žádnou lineární závislost. (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015).

5 VÝSLEDKY

V této kapitole se zaměříme na porovnání efektivity a přesnosti měření vertikálního skoku pomocí mobilní aplikace a tradiční referenční metody, jakou představuje silová plošina. Cílem je analyzovat, do jaké míry mobilní aplikace, reprezentovaná v našem případě aplikací MyJump 2, poskytuje srovnatelné výsledky s těmi, které získáváme pomocí silové plošiny, považované za zlatý standard v oblasti měření biomechanických parametrů skoku.

5.1 Měření s nastavením kamery na 30 snímků za vteřinu

Při prvním měření došlo k pochybení při nastavením kamery. Proběhlo tedy i měření za použití mobilu se snímáním nastaveným na 30 snímků za sekundu. (viz. Metodika)

Tabulka 1

Tabulka měření s nastavením kamery na 30 snímků za vteřinu

Testování	Váha v Kg	Délka dolní končetiny	Výška dřepu v				Rozdíl v měření CMJ	Rozdíl v měření CMJA	
			90 stupních	CMJ Pl.	CMJA Pl.	CMJ A.			CMJA A.
1	61,46	97,5	73	25,48	30,96	26,83	30,53	-1,35	0,43
2	55,76	97,97	71	29,64	32,1	30,74	30,74	-1,10	1,36
3	59,84	90,5	70,5	31,48	33,80	30,74	34,92	0,74	-1,12
4	58,72	89	70	23,74	27,57	23,18	26,64	0,56	0,93
5	61,47	97,5	73	27,86	29,84	26,84	30,53	1,02	-0,69
6	65,75	96	70	42,81	49,57	44,3	49,3	-1,49	0,27
7	52,5	93	71	30,25	35,32	30,73	34,91	-0,48	0,41
8	67,58	97	73	36,31	42,69	34,91	39,36	1,40	3,33
9	65,24	91	67	42,09	44,51	44,31	44,07	-2,23	0,44
Průměrný rozdíl								-0,33	0,60

Poznámka. CMJ P a CMJA P je označení pro měření silové plošiny. CMJ A a CMJA A je označení pro měření aplikací. Všechny hodnoty, kromě hmotnosti (kg) jsou v centimetrech.

Toto měření přineslo zajímavé výsledky, přestože nebylo použito předepsané nastavení, aplikace měřila pro CMJA s rozdílem maximálně 3,33 cm a nejmenší rozdíl byl 0,27 cm. Pro CMJ byl největší rozdíl v měření 2,23 cm a nejmenší rozdíl byl 0,48 cm.

Countermovement jump

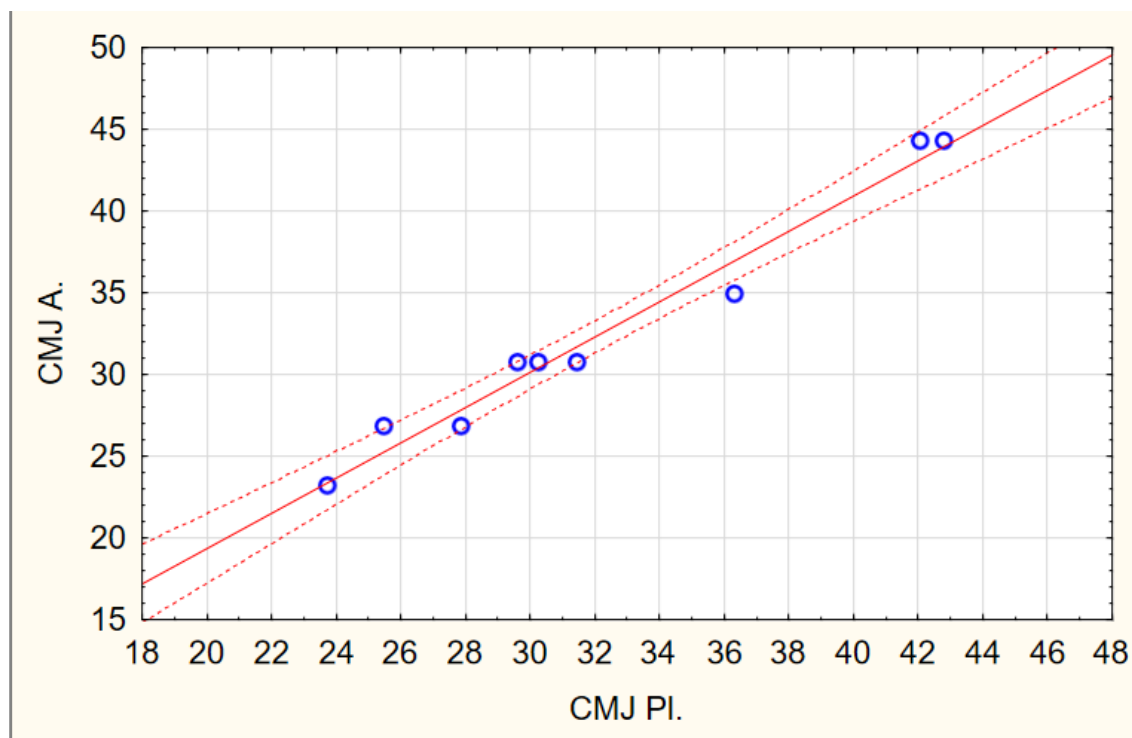
Průměrná hodnota skoků CMJ zaznamenaná pomocí silové plošiny (CMJ Pl.) činila 32,18 cm. Standardní odchylka těchto měření byla 6,83 cm, což naznačuje určitou míru variability ve skocích.

Na druhé straně, průměrná hodnota skoků CMJ zaznamenaná mobilní aplikací (CMJ A.) byla mírně vyšší, a to 32,51 cm. Standardní odchylka pro tato měření dosáhla 7,46 cm, což ukazuje na podobnou úroveň variability jako u měření provedených silovou plošinou.

Při posouzení vztahu mezi oběma metodami měření byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient. Hodnota korelace dosáhla hodnoty 0,987.

Graf 1

Graf Pearsonova korelačního koeficientu

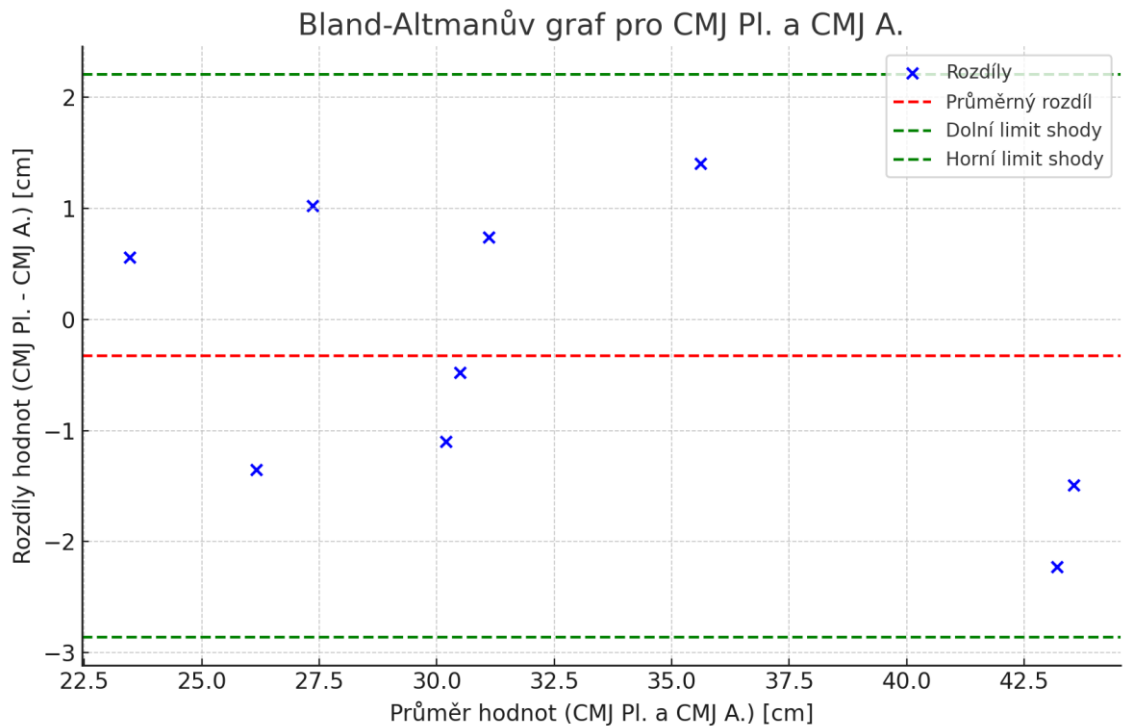


Poznámka: Graf zobrazuje vztah mezi hodnotami získanými dvěma metodami. Každý bod na grafu představuje pár hodnot, kde jedna hodnota je získána první metodou a druhá hodnota je získána druhou metodou pro stejnou pozorovanou jednotku. CMJ Pl. (Countermovement jump – plošina). CMJ A (Countermovement jump – aplikace).

Bland-Altmanova analýza, prováděná za účelem posouzení shody mezi dvěma měřicími metodami, odhalila průměrný rozdíl mezi metodami na úrovni -0,32 cm s limity shody od -2,86 cm do 2,21 cm.

Graf 2

Graf Bland-Altmanovy metody pro skoky typu CMJ



Poznámka. Graf zobrazuje rozdíly mezi měřeními dvou metod ve vztahu k průměru měření z obou metod. Červená čára představuje průměrný rozdíl mezi metodami, zatímco zelené čáry označují horní a dolní hranice souhlasu (tj. průměrný rozdíl \pm 1,96 standardní odchylky). CMJ Pl. (Countermovement jump plošina). CMJ A (Countermovement jump aplikace).

Countermovement jump free arms

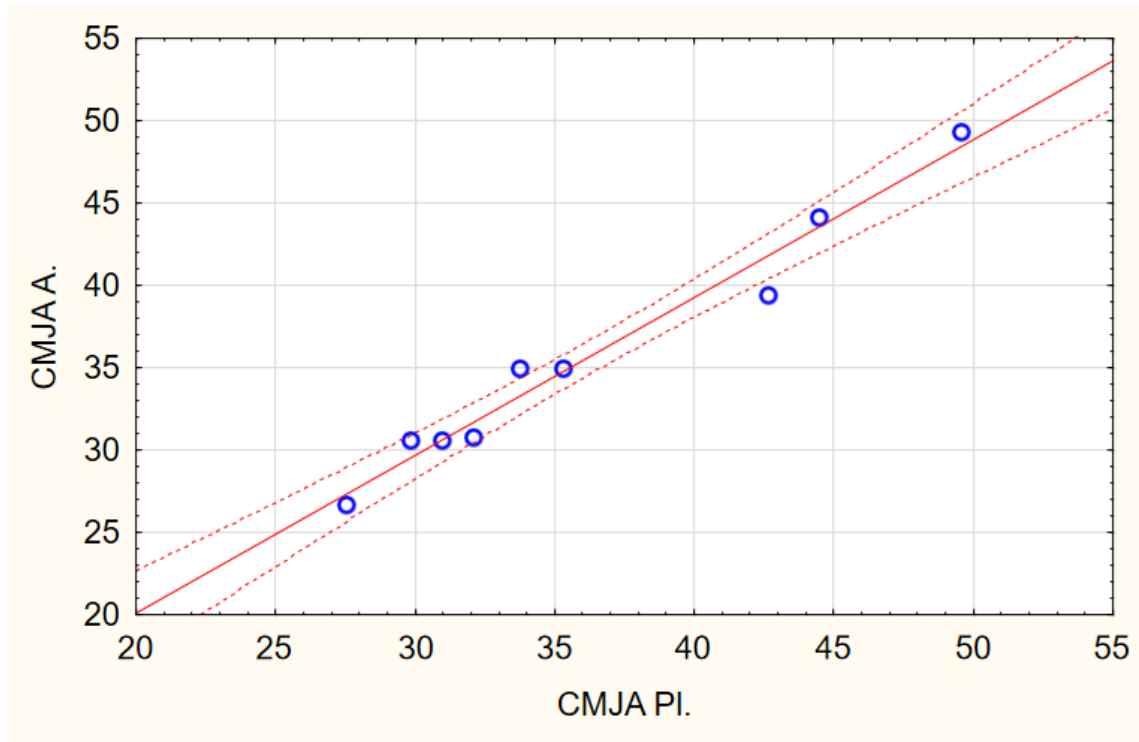
Průměrná hodnota skoků CMJA zaznamenaná pomocí silové plošiny (CMJA Pl.) činila 36,26 cm. Standardní odchylka těchto měření byla 7,55 cm, což naznačuje určitou míru variability ve skocích.

Na druhé straně, průměrná hodnota skoků CMJA zaznamenaná mobilní aplikací (CMJA A.) byla mírně nižší, a to 35,67 cm. Standardní odchylka pro tato měření dosáhla 7,33 cm, což ukazuje na podobnou úroveň variability jako u měření provedených silovou plošinou.

Při posouzení vztahu mezi oběma metodami měření byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient. Hodnota korelace dosáhla hodnoty 0,986.

Graf 4

Graf Pearsonova korelačního koeficientu pro skoky typu CMJA

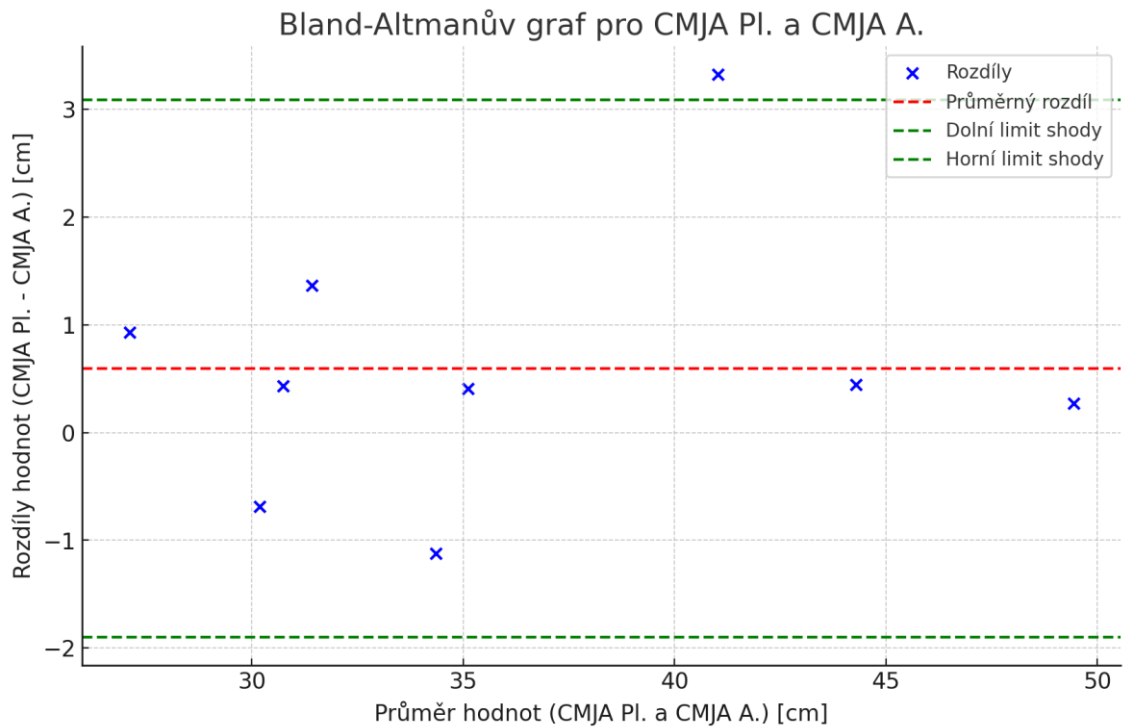


Poznámka: Graf zobrazuje vztah mezi hodnotami získanými dvěma metodami. Každý bod na grafu představuje pár hodnot, kde jedna hodnota je získána první metodou a druhá hodnota je získána druhou metodou pro stejnou pozorovanou jednotku. CMJA PI. (Countermovement jump with free arms – plošina). CMJA A (Countermovement jump with free arms – aplikace).

Bland-Altmanova analýza, prováděná za účelem posouzení shody mezi dvěma měřicími metodami, odhalila průměrný rozdíl mezi metodami na úrovni 0,60 cm s limitami shody od -1,90 cm do 3,09 cm.

Graf 3

Graf Bland-Altmanovy metody pro skoky typu CMJA



Poznámka. Graf zobrazuje rozdíly mezi měřeními dvou metod ve vztahu k průměru měření z obou metod. Červená čára představuje průměrný rozdíl mezi metodami, zatímco zelené čáry označují horní a dolní hranice souhlasu (tj. průměrný rozdíl $\pm 1,96$ standardní odchylky). CMJA Pl. (Countermovement jump with free arms – plošina). CMJA A (Countermovement jump with free arms – aplikace).

5.2 Měření s doporučeným nastavením kamery na 240 snímků za vteřinu

Druhé měření proběhlo za použití kamery mobilu s doporučeným nastavením od vývojáře, tedy 240 snímků za vteřinu.

Tabulka 2

Tabulka měření s nastavením kamery na 240 snímků za vteřinu z 2. měření

Testování	Váha v Kg	Délka dolní končetiny	Výška dřepu v 90 stupních (cm)	Výška dřepu				Rozdíl v	
				CMJ P	CMJA P	CMJ A	CMJA A	měření CMJ	měření CMJA
1	58,41	101	71	23,92	27,57	23,16	26,42	0,78	1,15
2	64,42	106	78	20,78	23,83	19,7	22,72	1,08	1,11
3	75,54	121	83	41,85	44,76	40,96	43,35	0,89	1,41
4	97,15	113	71	34,23	38,46	33,05	36,87	1,18	1,59
5	75,62	120	82	40,66	45,63	39,76	44,7	0,9	0,93
6	76,56	103	73	38,68	52,61	38,06	51,81	0,62	0,80
7	74,82	101	75	15,67	18,26	14,67	17,28	1,01	0,98
8	66,77	103	75	26,42	29,54	25,43	28,84	1,0	0,70
9	77,47	103	74	32,95	41,73	32,47	41,55	0,48	0,18
10	61,77	100	72	23,47	28,06	22,72	27,86	0,75	0,20
11	57,93	91	57	28,25	26,8	27,43	25,9	0,82	0,9
12	67,18	115	75	34,88	44,27	34,12	43,41	0,76	0,86
13	68,50	110	75	25,39	35,76	24,56	34,66	0,83	1,10
14	55,56	99	70	24,10	28,16	23,61	27,38	0,49	0,78
Průměrný rozdíl								0,83	0,90

Poznámka. CMJ P/CMJA P je označení pro měření silové plošiny. CMJ A/CMJA A je označení pro měření aplikací. Všechny hodnoty, kromě hmotnosti (kg) jsou v centimetrech.

Coutermovement jump

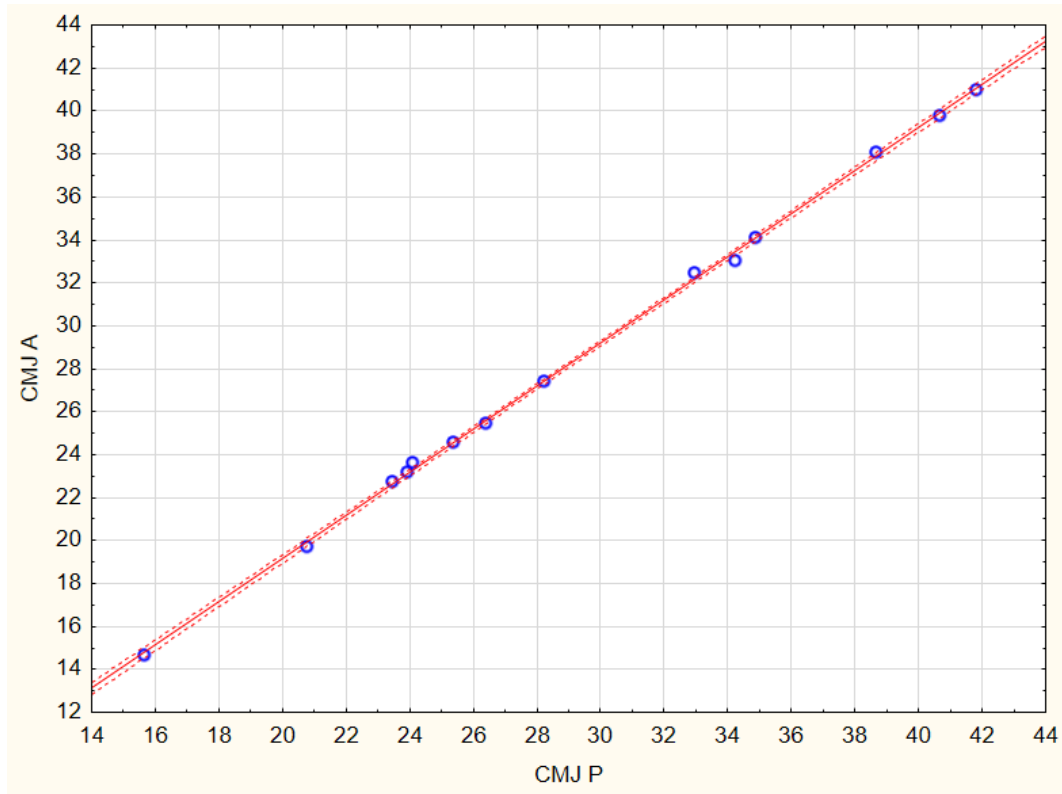
Průměrná hodnota skoků CMJ zaznamenaná pomocí silové plošiny (CMJ P) činila 29,37 cm, s mediánem na úrovni 27,34 cm. Standardní odchylka těchto měření byla 7,92 cm, což naznačuje určitou míru variability ve skocích.

Na druhé straně, průměrná hodnota skoků CMJ zaznamenaná mobilní aplikací (CMJ A) byla mírně nižší, a to 28,55 cm. Standardní odchylka pro tato měření dosáhla 7,95 cm, což ukazuje na podobnou úroveň variability jako u měření provedených silovou plošinou.

Při posouzení vztahu mezi oběma metodami měření byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient, bylo zjištěno normální rozložení dat. Hodnota korelace dosáhla hodnoty 0,9997.

Graf 4

Graf Pearsonova korelačního koeficientu pro typ skoku CMJ

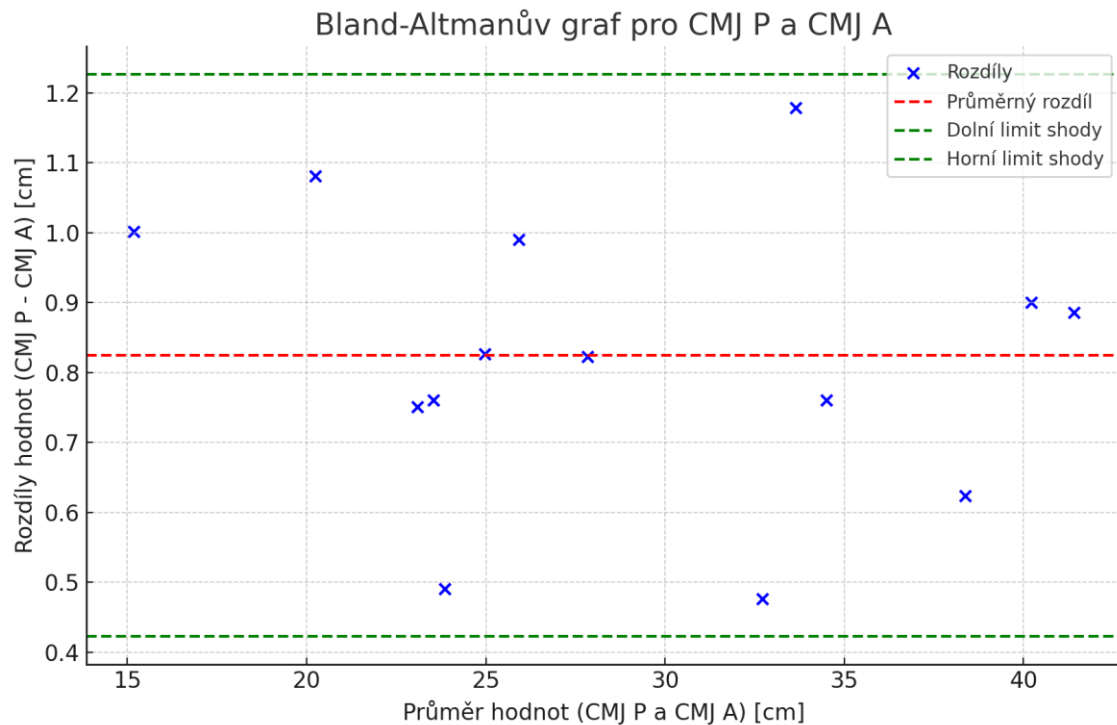


Poznámka: Graf zobrazuje vztah mezi hodnotami získanými dvěma metodami. Každý bod na grafu představuje pár hodnot, kde jedna hodnota je získána první metodou a druhá hodnota je získána druhou metodou pro stejnou pozorovanou jednotku. CMJ Pl. (Counter movement jump with – plošina). CMJ A (Counter movement jump – aplikace).

Bland-Altmanova analýza, prováděná za účelem posouzení shody mezi dvěma měřicími metodami, odhalila průměrný rozdíl mezi metodami na úrovni 0,82 cm s limity shody od 0,42 cm do 1,23 cm.

Graf 5

Graf Bland-Altmanovy metody pro skoky typu CMJ



Poznámka. Graf zobrazuje rozdíly mezi měřeními dvou metod ve vztahu k průměru měření z obou metod. Červená čára představuje průměrný rozdíl mezi metodami, zatímco zelené čáry označují horní a dolní hranice souhlasu (tj. průměrný rozdíl \pm 1,96 standardní odchylky). CMJ PI. (Countermovement jump plošina). CMJ A (Countermovement jump aplikace).

Countermovement jump free arms

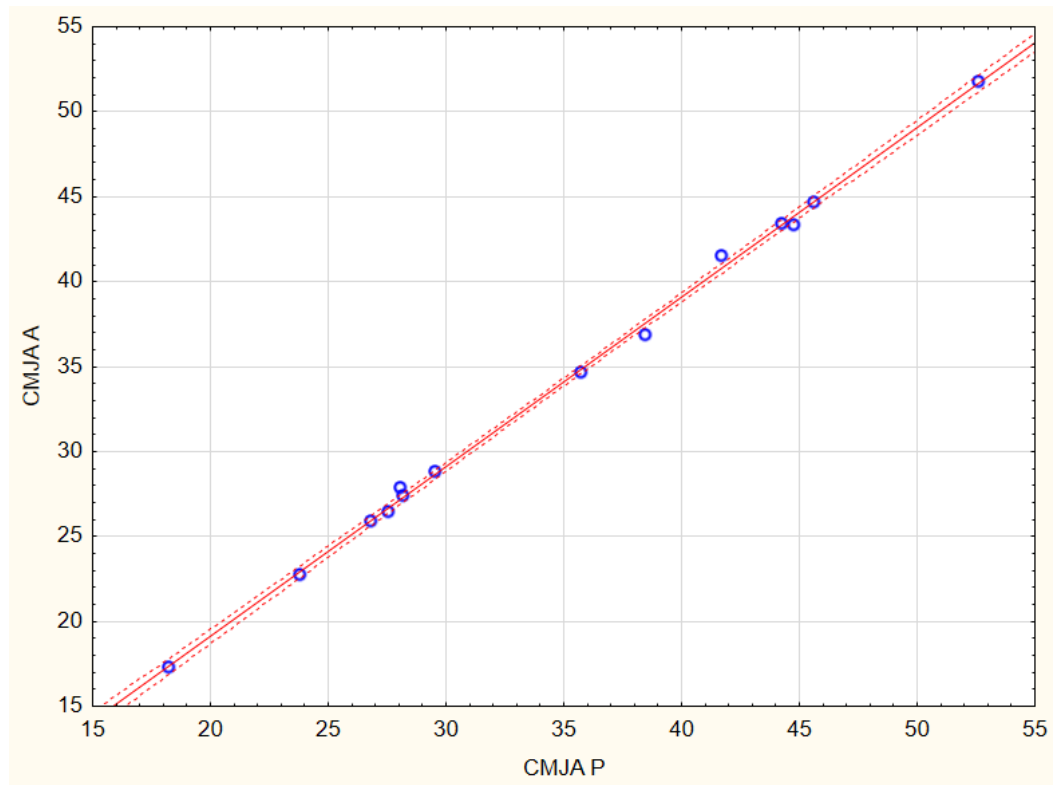
Průměrná hodnota skoků CMJA zaznamenaná pomocí silové plošiny (CMJA P) činila 34,67 cm. Standardní odchylka těchto měření byla 10,05 cm, což naznačuje určitou míru variability ve skocích.

Na druhé straně, průměrná hodnota skoků CMJA zaznamenaná mobilní aplikací (CMJA A) byla mírně nižší, a to 33,77 cm. Standardní odchylka pro tato měření dosáhla 10,04 cm, což ukazuje na podobnou úroveň variability jako u měření provedených silovou plošinou.

Při posouzení vztahu mezi oběma metodami měření byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient. Hodnota korelace dosáhla hodnoty 0,9993.

Graf 6

Graf Pearsonova korelačního koeficientu pro skok typu CMJA

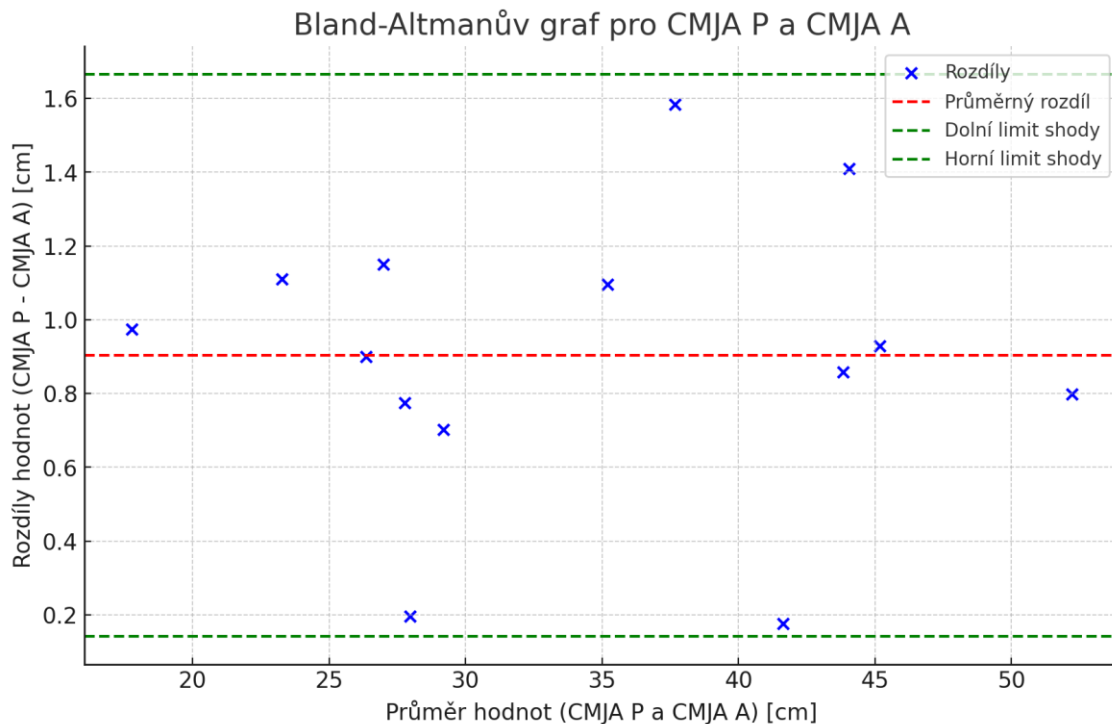


Poznámka: Graf zobrazuje vztah mezi hodnotami získanými dvěma metodami. Každý bod na grafu představuje pár hodnot, kde jedna hodnota je získána první metodou a druhá hodnota je získána druhou metodou pro stejnou pozorovanou jednotku. CMJA P. (Countermovement jump with free arms – plošina). CMJA A (Countermovement jump with free arms – aplikace).

Bland-Altmanova analýza, prováděná za účelem posouzení shody mezi dvěma měřicími metodami, odhalila průměrný rozdíl mezi metodami na úrovni 0,90 cm s limity shody od 0,14 cm do 1,67 cm.

Graf 7

Graf Bland-Altmanovy metody pro skoky typu CMJA



Poznámka. Graf zobrazuje rozdíly mezi měřeními dvou metod ve vztahu k průměru měření z obou metod. Červená čára představuje průměrný rozdíl mezi metodami, zatímco zelené čáry označují horní a dolní hranice souhlasu (tj. průměrný rozdíl $\pm 1,96$ standardní odchylky). CMJA PI. (Countermovement jump with free arms plošina). CMJA A (Countermovement jump with free arms aplikace).

5.3 Praktické aspekty využití mobilní aplikace

V rámci hodnocení praktických aspektů mobilní aplikace MyJump 2, zaměřené na měření vertikálního skoku, bylo zjištěno několik výhod. Jednou z nich je cena aplikace, která je stanovena na 400 Kč jako jednorázový poplatek. Tato dostupná cena činí aplikaci přístupnou.

Díky mobilnosti zařízení, ve kterém aplikace byla nainstalována, bylo měření možné provádět prakticky kdekoli, kde se nacházela rovná plocha, vhodná k provádění vertikálního

skoku. Tím se z tradičně laboratorního testu pro zjištění výbušné síly dolních končetin, prakticky stává testem terénním.

Aplikace je kompatibilní s operačními systémy Android i iOS, což dále zvyšuje její univerzálnost.

Uživatelské rozhraní aplikace je přehledné, přesto je důležité důkladně prostudovat manuál k aplikaci, aby bylo možné měření provádět správně.

6 DISKUSE

Tato práce se věnovala porovnání přesnosti měření mezi silovou plošinou a aplikací pro měření skoků MyJump 2. V této kapitole budou porovnány výsledky této práce se studii v literatuře. Měření s nastavením kamery na 30 snímků za sekundu přineslo výsledky systematické chyby měření 0,32 cm a náhodné chyby měření 2,5 cm pro skoky typu CMJ, pro skoky CMJA byla systematická chyba měření určena na 0,32 cm a náhodná chyba měření 2,54 cm. Podle studie Warr et al. (2020) je minimální věcně významná změna rovna 1 cm. Takže pokud chyba měření je menší než hodnota minimální věcně významné změny, považujeme měření za dostatečně přesné pro použití ve sportovní a trenérské praxi. Avšak s nastavením kamery na 30 snímků za sekundu je hodnota náhodné chyby měření příliš velká a není vhodné toto měření srovnávat s ostatními výsledky, protože by mohlo být zavádějící. Dále se tedy budu věnovat pouze druhému měření s doporučeným nastavením kamery na 240 snímků za sekundu.

Podle původní studie od autora aplikace byla mezi výškami skoku My Jump a silové platformy CMJ byla téměř dokonalá shoda (ICC = 0,997, 95 % CI: 0,996–0,998, $P < 0,001$) pro oba pozorovatele, se systematickou chybou 1,1 cm a náhodnou chybou 0,5 cm mezi nástroji. Hodnoty naměřené pomocí MyJump 2 byly významně nižší než hodnoty získané se silovou platformou (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015).

Jiná studie přinesla, že výsledky výšky skoků CMJ získané pomocí aplikace MyJump měli vynikající shodu s výsledky získanými na silové plošině (hodnoty ICC se pohybovaly od 0,991 pro CMJ do 0,993). Nicméně průměrná výška skoku zaznamenaná aplikací byla významně nižší než výška zaznamenaná pomocí silové plošiny. Systematická chyba byla určena na 0,87 cm (Stanton, Wintour, & Kean, 2016).

Obě studie s mojí prací měli společné porovnávání měření skoků typu CMJ. Porovná-li výsledky těchto studií a mojí práce, tedy systematická chyba měření 0,82 cm, náhodná chyba měření 0,83 cm zjistím, že jsou si velmi podobné, což by mělo potvrzovat správnost mého měření a zároveň potvrzovat funkčnost aplikace.

Zajímavé je, že v obou studiích i v mojí práci byla průměrná naměřená výška skoku pomocí aplikace nižší než výška skoku naměřená silovou plošinou. To lze vysvětlit, podíváme-li se na snímkovací frekvenci a doporučenou metodiku. Nelze přesně označit okamžik vzletu z podložky, a právě to je místo, kde pravděpodobně vzniká systematická chyba měření, která je ovšem z praktického hlediska zanedbatelná. Redukovat tuto chybu by bylo možné, pokud bychom s dostatečným počtem probandů zpracovali následnou studii věnující se této systematické chybě a tu následně přičetli ke každému naměřenému skoku.

Výsledky obou typů skoků, tj. systematická chyba měření 0,82 cm pro CMJ, 0,9 cm pro CMJA a náhodná chyba měření 0,83 cm pro CMJ, 0,91 pro CMJA jsou si svými výslednými hodnotami blízké a naznačují, že aplikace je kromě skoků typu CMJ vhodná i pro měření skoků typu CMJA, s ohledem na předchozí studie.

7 ZÁVĚRY

Díky chybě při nastavení kamery při prvním měření, musím varovat ostatní potenciální uživatele, aby se jim nestalo to samé. Výsledky totiž nejsou dostatečně přesné a mohly by sloužit maximálně orientačně. To mě přivádí ke zjevným nevýhodám aplikace. Pokud chce uživatel analyzovat výsledky s odstupem, tak jako já, musí si pohlídat správné nastavení kamery tj. 240 snímků za sekundu (zpomalený záběr). Další nevýhodou je podle mého názoru zadávání vstupních hodnot pro měření. Tím mám na mysli hlavně délku dolní končetiny a výšku dřepu v 90 stupních. Pro získání těchto hodnot je vhodné mít alespoň základní znalosti v oblasti kinantropologie.

Používání aplikace Myjump 2 má i několik benefitů. Bezesporu je jedním z nich její cena tj. 400 Kč (jednorázově). Dalším benefitem je možnost provádět měření prakticky kdekoliv. Aplikace podporuje jak Operační systém Android, tak i iOS, což ještě zvyšuje její dostupnost. Celkově hodnotím uživatelské rozhraní kladně, ačkoli je důležité si prostudovat manuál pro hodnocení výsledků. Určitě by bylo vhodné, aby aplikace uměla sama vyhodnotit jaký snímek použít, významně by to zjednodušilo proces vyhodnocení a potenciálně zvýšilo celkovou spolehlivost měření. viz. Metodika

Vzhledem k tomu, jaké aplikace MyJump 2 přinesla výsledky ve srovnání se silovou plošinou (systematická chyba měření 0,82 cm pro CMJ, 0,9 cm pro CMJA, náhodná chyba měření <1 cm) a s ohledem na předchozí studie, doporučil bych ji jako vhodný prostředek pro měření vertikálního skoku v rámci trenéřské praxe nebo přímo sportovcům.

8 SOUHRN

Bakalářská práce zkoumá a porovnává efektivitu a přesnost dvou metod měření vertikálního skoku – tradiční dynamometrické (silové) plošiny a mobilní aplikace My Jump 2. Pro účely práce byl použit mobilní telefon Apple iPhone SE 2022 s operačním systémem iOS 17.4.

Aplikace MyJump 2, vyvinuta Carlosem Balsalobrem, je nástroj pro analýzu skokové výkonnosti, určený pro použití ve sportovní vědě a tréninku.

Tento výzkum se zaměřuje na dva specifické typy skoků: Countermovement Jump (CMJ) a Countermovement Jump with Free Arms (CMJA), přičemž každý typ skoku byl při měření prováděn dvakrát. Byly zkoumány dva sobory účastníků: první skupina se skládala z devíti reprezentačních lezců s průměrným věkem 20 let a průměrnou hmotností 60,93 kg, druhá skupina zahrnovala čtrnáct rekreačních sportovců s průměrným věkem 25 let a průměrnou hmotností 69,84 kg.

Z analýzy dat vyplynulo, že obě metody vykázaly velmi vysokou shodu v přesnosti měření, což bylo potvrzeno Pearsonovým korelačním koeficientem blížícím se 1,0 pro oba typy skoků. Specificky systematická chyba měření u CMJ byla identifikována ve výši 0,82 cm, zatímco náhodná chyba byla 0,83 cm. Pro CMJA, systematická chyba měření dosáhla 0,90 cm a náhodná chyba byla 0,91 cm.

Výsledky poukazují na to, že mobilní aplikace je srovnatelně přesná s tradičními metodami a může být efektivně využita v trenérské praxi nebo přímo sportovci, zvláště když tradiční měřicí zařízení nejsou dostupné.

Dále se ukázalo, že při použití aplikace je zásadní správné nastavení kamery, což má významný vliv na přesnost výsledků. Tento aspekt je klíčový pro zajištění spolehlivosti dat a je třeba jej pečlivě sledovat při provádění měření.

Bakalářská práce poskytuje informace pro trenéry a sportovce o potencionálním využití nových technologií v praxi, a zdůrazňuje nutnost pečlivého nastavení a kalibrace při použití technologických nástrojů pro měření sportovního výkonu.

9 SUMMARY

The bachelor's thesis examines and compares the effectiveness and accuracy of two methods for measuring vertical jump – traditional force platforms and the mobile application My Jump 2. For the purposes of the thesis, an Apple iPhone SE 2022 with iOS 17.4 operating system was used. MyJump 2, developed by Carlos Balsalobre, is a tool for analyzing jumping performance, intended for use in sports science and training.

This research focuses on two specific types of jumps: the Countermovement Jump (CMJ) and the Countermovement Jump with Free Arms (CMJA), with each type of jump being performed twice during measurement. Two groups of participants were studied: the first group consisted of nine representative climbers with an average age of 20 years and an average weight of 60.93 kg, the second group included fourteen recreational athletes with an average age of 25 years and an average weight of 69.84 kg.

The data analysis revealed that both methods showed a very high agreement in measurement accuracy, as confirmed by a Pearson correlation coefficient close to 1.0 for both types of jumps. Specifically, the systematic measurement error for CMJ was identified at 0.82 cm, while the random error was 0.83 cm. For CMJA, the systematic measurement error reached 0.90 cm and the random error was 0.91 cm. The results indicate that the mobile application is comparably accurate to traditional methods and can be effectively used in coaching practice or directly by athletes, especially when traditional measurement devices are not available. Furthermore, it was shown that proper camera setting is crucial when using the application, which significantly affects the accuracy of the results. This aspect is key to ensuring data reliability and must be carefully monitored during measurements.

The thesis provides information for coaches and athletes about the potential use of new technologies in practice and emphasizes the need for careful setup and calibration when using technological tools for measuring athletic performance.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. *The Lancet*, 327(8476), 307–310. 1
- Balsalobre-Fernández, C. (2023). *How to use*. Retrieved from <https://www.carlos-balsalobre.com/>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Čelíkovský, S. (1979). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Čihák, R., Grim, M., & Fejfar, O. (2011). *Anatomie* (3., upr. a dopl. vyd, ilustroval Milan MED, ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, Vol. 1). Praha: Grada Publishing.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 556–560.
- Grosser, M., Ehlenz, H., Griebel, R., & Zimmermann, E. (1998). *Trénujeme svaly* (přeložil Jiří VOKÁLEK). České Budějovice: KOPP.
- Havel, Z. & Hnízdil, J. (2009). *Rozvoj a diagnostika silových schopností*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.
- Hendl, J. (2012). *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace* (3. vyd). Praha: Portál.
- HUR labs. (2013). *HUR Labs Force Platform FP4 & FP8*. Helsinki: University of Technology. Retrieved from [Force platform FP8 | HUR | Labs \(hurlabs.com\)](https://www.hurlabs.com/)
- Ide, B., Silvatti, A., Staunton, C., Marocolo, M., Oranchuk, D., & Mota, G. (2023). Explosive is not a Term Defined in the International System of Units and Should not be Used to Describe Neuromuscular Performance. *International Journal of Strength and Conditioning*, 3(1). <https://doi.org/10.47206/ijsc.v3i1.210>
- Janura, M., Bizovská, L., Svoboda, Z., & Klein, T. (2023). *Biomechanika odrazu*. Retrieved from <https://www.skoladiagnostiky.sk>
- Kasa, J. (1995). *Antropomotorika*. 1. Vyd.. Bratislava: FTVŠ UK
- Kuncíř, T. (2021). *Sledování změn vertikálního výskoku, rychlostního testu a skoku dalekého z místa u volejbalistů ve věku 17-19 let*. [Bakalářská práce, Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha]. [130325921.pdf \(cuni.cz\)](https://www.cuni.cz/130325921.pdf)

- Linthorne, N.P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69, 1198-1204.
- Měkota, K., Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Moir, G. L. (2008). Three different methods of calculating vertical jump height from force platform data in men and women. *Measurement in Physical Education & Exercise Science*, 12(4), 207–218.
- Moravec, R., Kampmiller, T., Vanderka, M., & Laczo, E. (2007). *Teória a didaktika výkonnostného a vrcholového športu*. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Neuman, J. (2003). *Cvičení a testy obratnosti, vytrvalosti a síly* (ilustroval Petr ĎOUBALÍK). Praha: Portál.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada Publishing.
- Pupišová, Z. (2013). *Rozvoj výbušnej sily dolných končatín a jej vplyv na efektívnosť štartového skoku v plávaní*. Krakov: Spolok Slovákov v Poľsku.
- Sedláček, J., & Lednický, A. (2010). *Kondičná atletická príprava*. Bratislava: Slovenská vedecká spoločnosť pre telesnú výchovu a šport.
- Stanton, R., Wintour, S. A., & Kean, C. O. (2017). Validity and intra-rater reliability of MyJump app on iPhone 6s in jump performance. *Journal of science and medicine in sport*, 20(5), 518–523. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.09.016>
- Šimonek, J. (2012). *Testy pohybových schopností*. Nitra: Jaromír Šimonek.
- Warr, D. M., Pablos, C., Sánchez-Alarcos, J. V., Torres, V., Izquierdo, J. M., Carlos Redondo, J., & Lu, Z. (2020). Reliability of measurements during countermovement jump assessments: Analysis of performance across subphases. *Cogent Social Sciences*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2020.1843835>