

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Fišerová Tereza

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Objektivizace a komparace silových charakteristik
dolních končetin u vybraných sportů**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Doc. PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Fišerová Tereza

Konzultant diplomové práce:

PhDr. Mikuláš Hank, Ph.D.

Praha, prosinec 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Tímto chci poděkovat panu Doc. PaedDr. Tomášovi Malému, Ph. D. za odbornou podporu v pochopení dané problematiky. Dále patří velké díky panu PhDr. Mikulášovi Hankovi Ph.D. za osobní a vřelý přístup, díky kterému jsem měla vždy možnost se na něj obrátit s dotazy. Děkuji pracovníkům laboratoře sportovní motoriky za pomoc se sběrem dat. A rovněž chci poděkovat všem hráčům, kteří absolvovali cestu na fakultu a poskytly své údaje ke zpracování mé diplomové práce.

Abstrakt

Název: **Objektivizace a komparace silových charakteristik dolních končetin u vybraných sportů**

Cíl: Hlavním cílem této práce bylo objektivizovat a komparovat vybrané indikátory silových schopností dolních končetin u hráčů vybraných týmových sportovních her (basketbal, fotbal, florbal) kategorie U19. Sekundárním cílem bylo zjistit vztah mezi parametry síly flexe/extenze v kolenním kloubu a parametry vertikálního výskoku.

Metody: Soubor tvořilo 56 probandů ze tří skupin rozdílných sportů: basketbal, florbal a fotbal, nejvyšších soutěží v ČR dorostenecké kategorie (16-18 let). Pro zjištění síly flexe a extenze v kolenním kloubu v různých uhlových rychlostech pohybu ($60^\circ/s$ a $300^\circ/s$) byl využitý izokinetický dynamometr. Pro zjištění parametrů inverzní dynamiky, resp. síly dolních končetin při dvou typech vertikálního výskoku byli využité silové desky. Testován byl výskok bez dopomocí paží a výskok z podřepu.

Výsledky: Hráči fotbalu dosahovali signifikantně ($p < 0.05$) lepších výsledků v testech vertikálního výskoku i v testech izokinetické síly ve srovnání s florbalem a basketbalem. Na základě prováděných testů byla zjištěna nejsilnější korelace ($r = 0,755$) mezi relativní silou extenzorů kolene a maximální relativní silou při výskoku u basketbalistů.

Závěr: Tato práce zjistila rozdílnou úroveň adaptace síly dolních končetin mladých sportovců mezi sporty basketbal, fotbal a florbal. Zdá se, že pohyb ve sportech jako je fotbal a basketbal dosahuje významně vyšších nároků na absolutní a explozivní sílu dolních končetin než ve florbale. Tyto údaje podporují dosavadní poznání o specifické adaptaci na individuální sport, a obohacují o informace o úrovni rozdílů a vztahů silových schopností ve sportech jako je basketbal, fotbal a florbal. Data

můžou pomoci porozumět trenérům vzhledem k individualizaci specifických silových schopností v jednotlivých sportech.

Klíčová slova: Basketbal, florbal, fotbal, fyzický výkon, inverzní dynamika, vertikální výskok, izokinetická síla, sportovní výkon, sportovní trénink

Abstract

Title: **Objectification and comparison of lower limb strength characteristics in selected sports**

Objectives: The main objective of this study was to objectify and compare selected indicators of lower limb strength in players of team sports games (basketball, football, floorball) of category U19. The secondary objective was to determine the relationship (degree of correlation) between knee joint flexion/extension strength parameters and vertical jump parameters.

Methods: The group consisted of 56 probands from three groups of different sports: basketball, floorball and football, the highest competitions in the Czech Republic in the youth category (16-18 years). An isokinetic dynamometer was used to investigate the flexion and extension forces in the knee joint at different angular velocities of movement (60°/s and 300°/s). Force plates were used to determine inversion dynamics parameters or lower limb strength during two types of vertical jump. Unassisted arm jump and squat jump were tested.

Results: This study found different levels of lower limb strength adaptation in young athletes between the sports of basketball, soccer and floorball. Movement in sports such as soccer and basketball appear to achieve significantly higher absolute and explosive lower limb strength demands than in floorball. These data support the knowledge on sport-specific adaptation to individual sport, and add to the information on the level of differences and relationships of strength abilities in sports such as basketball, soccer and floorball. The data can help to understand coaches with respect to the individualization of specific strength abilities in individual sports. Further research should seek to expand the groups analyzed and also take into account training volume in the comparison between different sports.

Keywords: Basketball, floorball, football, physical performance, inverse dynamics, vertical jump, isokinetic strength, sports performance, sports training

Obsah

ÚVOD.....	10
1 Teoretický rozbor zkoumané problematiky	11
1.1 Pohybové schopnosti ve sportu.....	11
1.2 Pohybové schopnosti ve sportovních hrách.....	11
1.3 Svalová síla	12
1.3.1 Fyziologie svalstva	12
1.3.2 Druhy silových schopností.....	14
1.3.3 Svalová síla dolních končetin	15
1.3.4 Funkce extenzorů a flexorů kolenního kloubu	15
1.3.5 Funkce adduktorů a abduktorů kyčle.....	16
1.3.5 Benefity rozvoje silových schopností ve sportovní přípravě týmových sportů	17
1.3.7 Diagnostika silových schopností pomocí izokinetické dynamometrie.....	18
1.3.8 Izokinetická dynamometrie.....	18
1.3.9 Dynamická svalová síla u vertikálních výskoků.....	20
1.3.10 Diagnostika odrazových schopností	21
1.4 Charakteristika pohybového zatížení.....	23
1.4.1 Charakteristika basketbalu	23
1.4.1.1 Vnější zatížení hráče basketbalu.....	24
1.4.1.2 Vnitřní zatížení hráče basketbalu.....	25
1.4.2 Charakteristika fotbalu.....	26
1.4.2.2 Vnitřní zatížení hráče fotbalu	28
1.4.3 Charakteristika florbalu	29
1.5 Porovnání externího a interního zatížení hráčů fotbalu, basketbalu a florbalu... 31	
2 Praktická část	32
2.1 Cíle práce.....	32
2.2 Hypotézy.....	32
3 Metodika práce	33

3.1 Charakteristika zkoumaného souboru	33
3.2 Organizace výzkumu	34
3.2.1 Testování svalové síly extenzorů a flexorů kolene (Cybex)	34
3.2.2 Vertikální výskok s protipohybem (CMJ)	35
3.2.3 Výskok z podřepu (SJ).....	36
3. 4 Statistické zpracování dat	36
4 Výsledky práce	38
4.1 Výsledky izokinetické síly.....	38
4.2 Komparace skupin v testu explozivní síly dolních končetin CMJ +	40
4.3 Komparace skupin v testu explozivní síly dolních končetin výskok z podřepu SJ	40
5 Diskuze	42
Závěr	46
Zdroje.....	47
Seznam obrázků	56
Seznam tabulek	56
Přílohy.....	57

ÚVOD

Sportovní hry obecně definujeme jako soutěživou činnost dvou proti sobě hrajících týmu, kteří usilují o překonání soupeře za pomoci lepší manipulace s daným předmětem (Táborský, 2004). Jednotlivé sportovní hry kladou na hráče rozdílné dovednostní nároky vzhledem k tomu, s jakým předmětem manipulují. U hráče fotbalu je jedna z hlavních dovednostní kop do míče, naproti tomu u hráče florbalu to je manipulace s hokejkou a míčkem. U basketbalisty tomu bude driblink. Avšak nároky sportovních her na pohybové schopnosti sportovců jsou ve sportovních hrách v některých aspektech obdobné. Rychlostní schopnost, výbušnost a reaktivní pohybová schopnost se objevují napříč všemi sportovními hrami. I přes určité rozdílné nároky se sportovní hry vyznačují společnými rysy pohybového projevu. Hráči florbalu, fotbalu i basketbalu potřebují umět efektivně a rychle zastavit, změnit směr, akcelarovat nebo vyvinout svalovou sílu při kontaktu s jiným hráčem. Obecně lze říci, že pokud bude hráč usilovat o zlepšení svého celkového výkonu ve sportovní hře, tak pokudlepší svou schopnost produkovat sílu, výbušnost a rychlost, jeho globální výkonost má potenciál se zlepšit (Boyle 2004). Z hlediska detailnější analýzy, objevíme v jednotlivých sportovních hrách rozdílné úrovně a zastoupení pohybových schopností, a to z důvodů odlišných rozměrů hřišť, délky utkání, možnosti střídání hráčů, rychlosti změny herních kombinací, preference somatotypu a další. Vzhledem k těmto rozdílným a specifickým nárokům týmových sportů, očekáváme odlišnosti v úrovni silového projevu hráčů u vybraných sportovních her, jakými jsou fotbal, basketbal a florbal (Taylor et al. 2017).

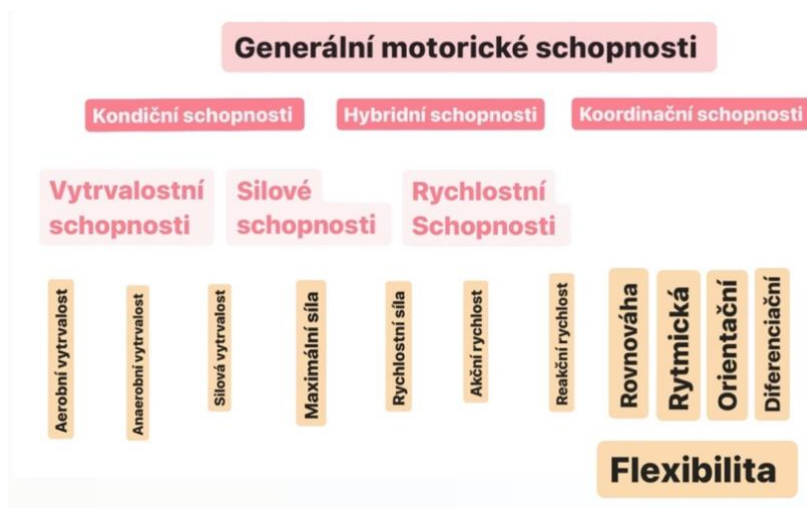
1 Teoretický rozbor zkoumané problematiky

1.1 Pohybové schopnosti ve sportu

Dovalil a kol. (2012) definuje pohybové schopnosti jako relativně samostatné soubory vnitřních vrozených předpokladů k provádění pohybové činnosti. Pohybová dovednost je následně zevním projevem pohybové schopnosti (Havlíčková 1991). Definicí pohybových schopností se věnoval již Čelikovský (1975), který je popisoval jako relativně samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti, či výkonu. Pohybové schopnosti se vyznačují tím, že nemusí být jen specifické pro danou činnost, jsou poměrně stálé v čase, a prostředí na ně nemá velký vliv. Nespecifická pohybová schopnost se může projevit ve vícečlenné skupině pohybových dovedností. Specifická se naproti tomu projevuje pouze pro jednu danou pohybovou dovednost (Čelikovský 1975).

1.2 Pohybové schopnosti ve sportovních hrách

Mezi faktory sportovního výkonu se řadí mimo jiné i pohybové schopnosti, které se dělí následovně viz Taxonomie pohybových schopností na obr. 1 (Měkota, Novosad 2005). V každé pohybové činnosti, která tvoří obsah sportovních výkonů, lze pozorovat projev pohybových schopností, mezi které řadíme kondiční, hybridní a koordinační schopnosti. Do skupiny kondičních schopností patří vytrvalostní schopnosti a silové. Pod pojmem hybridní nalezneme schopnosti rychlostní a do skupiny koordinačních schopností řadíme orientační a diferenciací schopnosti (Měkota 2005). Kvantifikace složek sportovního výkonu v rámci sportovních her je důležitá pro stanovení požadavků daného sportu na jednotlivé sportovce. Následně se dle této kvantifikace stanovuje individuální tréninkové zatížení sportovců v průběhu celé sezóny (Taylor et al. 2017).



Obr. 1 Taxonomie pohybových schopností (Měkota, Novosad 2005)

1.3 Svalová síla

Svalová síla je pohybová schopnost, projevující se v úkonech překonávání, brždění anebo udržování vnějšího odporu za pomoci stahujících se a relaxujících svalů. Fyzikální sílu měříme dynamometry, vykonanou prací nebo výkon ergometry případně ergografy. Funkčním předpokladem pro svalovou sílu je mohutnost svalové kontrakce (Havlíčková 1991). Při každém svalovém stahu se mění délka sarkomerů, což vyvolá změnu délky svalových vláken a tím i celého svalu. Pokud nedochází ve svalu ke zkrácení a následnému natažení, nedochází ani k pohybu daného segmentu těla. Nastane-li však stažení masité části kompenzované napnutím šlašitých konečných částí svalu, spolu s vzestupem svalového napětí, mluvíme o kontrakci izometrické, na jejímž podkladě vzniká síla statická. Dochází-li však ke zkrácení či prodloužení vzdálenosti mezi úpony svalu, vzniká síla dynamická, kterou rozdělujeme na excentrickou a koncentrickou kontrakci. Je-li po celou dobu svalové kontrakce kladen stejný odpor jako segmentem vynaložený odpor o konstantní rychlosti, hovoříme o síle izokinetické (Havlíčková 1991).

1.3.1 Fyziologie svalstva

Svalstvo řadíme mezi tkáně, jež jsou vzrušivé. Jejich charakteristickou vlastností je schopnost kontrakce a relaxace. Kontrakce svalu navazuje na excitaci vzrušivé buněčné membrány, jedná se o přeměnu chemické energie na mechanickou, která se projevuje aktivní silou, případně zkrácením svalové tkáně. Svaly zajišťují v organismu veškerou

aktivní tenzi a pohyb, od komunikace prostřednictvím mimiky, cirkulaci krve, transport tráveniny, až po různé druhy fyzické práce (Trojan et al. 2003).

Podle funkčních vlastností a struktury rozlišujeme tyto druhy svalových tkání:

- a) Kosterní svalovina
- b) Hladká svalovina
- c) Srdeční svalovina (myokard)
- d) Myoepitel

Ve vztahu ke sportovnímu výkonu, nás zajímá především kosterní svalovina a její projevy a formy kontrakce. Zevní projev kontrakce se projevuje změnami strukturálními, mechanickými, chemickými, tepelnými a elektrickými. Mechanické vlastnosti příčně pruhovaného svalu kosterní svaloviny korelují s molekulární představou svalové struktury (Trojan et al. 2003). Sarkomera, jinými slovy kontraktilní jednotka svalu, se skládá z řad typů submikroskopických myofilament např. myozinu a aktinu. Molekula myozinu, jakožto bílkovina má charakteristický tvar kulovité hlavy, ohebného krčku a tyčinkovitého těla. Pro hlavu s vláknitým krčkem se rovněž užívá název – příčný můstek. Pomocí hlavy reaguje myozin s aktinem. Pokud považujeme sarkomeru za základní funkční jednotku svalu, je zřejmé, že největší sílu vynaloží jedinec tehdy, kdy se mezi aktinem a myozinem vytvoří co největší počet můstků, tj při izometrické kontrakci. Ve chvíli, kdy je sarkomera příliš protažena, můstků se vytvoří méně, nebo je-li překrytí tlustých a tenkých vláken příliš velké, uplatní se další mechanismy, které omezí interakci myozinových hlav s aktinem (Trojan et al. 2003).

Významným ukazatelem svalové síly je tzv maximální svalová síla. Dle Dylevského (2009) z anatomického hlediska udává svalovou sílu několik faktorů:

- 1) Počet svalových vláken ve svalu, tzn. čím má sval vyšší počet svalových vláken, tím je silnější.
- 2) Fyziologický průřez svalu neboli průřez všemi vlákny daného svalu, využívá se buď přímého měření FP – fyziologického průřezu nebo odhadem podle Weberova vzorce $FP = W/L$ (W = hmotnost svalu, L = střední délka svalu).
- 3) Délka svalu, čím delší sval tím větší svalová síla, ovšem v závislosti na výšce těla a délce jednotlivých segmentů těla.

- 4) Počet aktivovaných motorických jednotek, motorická jednotka (MJ), neboli skupina svalových vláken inervována jedním motorickým vláknem tzv. alfa motoneuronem. Obecně platí, že se ve svalu nikdy nezaktivují všechny MJ najednou, nábor MJ jde napříč svaly, tzn. že nemusí respektovat anatomickou strukturu svalu.
- 5) Svalová síla je rovněž výsledkem působení elastické složky svalu a šlachy. V místě úponu šlachy mluvíme o silovém působení, které není pouhým výsledkem kontrakce vyvolané interakcí molekul myozinu a aktinu, ale je i důsledkem napětí elastických složek svalu a šlachy. Elastická síla stoupá nelineárně a její přírůstek dosahuje nejvyšších hodnot při maximálním protažení svalu.

1.3.2 Druhy silových schopností

Ve sportovním prostředí je třeba kromě klasické představy o silové schopnosti jako o mohutnosti svalového stahu uvažovat rovněž o jeho rychlosti, trvání pohybu svalového stahu a počtu opakování v čase. Podle těchto kritérií rozlišujeme několik silových schopností (Perič, Dovalil 2010):

- a) Síla absolutní/maximální
- b) Síla rychlá a výbušná
- c) Síla vytrvalostní

- a) Síla absolutní /maximální

Schopnost překonávat nejvyšší možný odpor, realizována při svalové činnosti dynamické (koncentrické, excentrické) nebo statické.

- b) Síla rychlá a výbušná (explozivní)

Schopnost překonávat nemaximální odpor, vysokou až maximální rychlostí, realizována při koncentrické kontrakci.

- c) Síla vytrvalostní

Schopnost dlouhodobě překonávat nebo udržovat nemaximální odpor opakováním daného pohybu. Může být realizována dynamickou i statickou svalovou činností (Perič, Dovalil 2010).

Hráči všech sportovních odvětví mohou těžit z tréninku těchto silových kvalit. Spojení tréninku nesespecifických silových pohybových dovedností v kombinaci se specifickými pohybovými dovednostmi potřebné pro daný sport vykazují vysoké zlepšení hráčů ve sportovní výkonnosti v daném sportu (Silva, Nassis, Rebelo 2015).

1.3.3 Svalová síla dolních končetin

Oblast kyčle a hýždí obsahuje několik velkých i malých svalů. Tyto svaly jsou primárně odpovědné za stabilizaci kyčle a pohyb dolní končetiny směrem k a od středové osy těla. Svaly v okolí boků a hýždí společně se strukturami kyčelního kloubu umožňují velký rozsah pohybu dolních končetin, mezi tyto pohyby řadíme: extenzi, flexi, addukci a abdukci k rotaci (Dimon 2009). V herním prostředí hraje velkou roli čtyřhlavý sval stehenní, a to především v provádění extenzi v kolenním kloubu u sprintů, skoků, kopů, případně přihrávek ve fotbalu. Zatímco hamstringy (*m. biceps femoris*), skupina svalů na zadní straně stehna, provádějí flexi v kolenním kloubu, resp. izometricky a excentricky stabilizují kolenní kloub při změně směru pohybu, rychlosti, při kopech (Weber et al. 2010) a podílejí se na produkci propulzní síly při sprintu (Bračič et al. 2011). Dále se zdá, že maximální síla hamstringů patří mezi důležité prediktory zranění ve sportu (Lee et al. 2009, Freeman et al. 2019).

1.3.4 Funkce extenzorů a flexorů kolenního kloubu

Měření svalové síly a následný výsledek, zjištění a případné posílení svalových dysbalancí je důležitým faktorem k predikci zranění a silové vybavenosti hráče k podání herního výkonu. Nejčastěji se sleduje poměr velikosti síly předních a zadních svalových skupin dolních končetin, tzn. skupiny extenzorů a flexorů kolenního a kyčelního kloubu (Śliwowski et al. 2017). Mezi extenzory kolene řadíme čtyřhlavý sval stehenní (*m. quadriceps femoris*), jehož čtyři hlavy se sbíhají v pevnou šlachu, která je fixována k česce a pokračuje na bérec dolní končetiny, drsnatinu kosti holenní (*tuberositas tibiae*) a krejčovský sval, začínající na horním předním trnu kosti kyčelní (*m. sartorius*, upínající se na vnitřní ploše kosti holenní (*epicondylus mediale*)).

Mezi flexory kolene, které nalezneme na zadní straně stehna, řadíme dvojhlavý sval stehenní, resp. „hamstring“ (*m. biceps femoris*), začínající na kosti sedací

a na části kosti stehenní, sval se rozděluje do dvou hlav, dlouhou a krátkou (*caput longum et breve*), které se upínají na hlavě fibuli. Ve fotbalové praxi se běžně rozumí, že čtyřhlavý sval hraje důležitou roli při provádění sprintů, skoků, kopů a přihrávek (Weber et al. 2010). Mezi další svaly stehenní patří sval poloblanitý (*m. semimembranosus*) začínající na sedacím hrbolu a upínající se k mediální straně kosti holenní, proximální část. Sval pološlašitý (*m. semitendinosus*) začínající na sedacím hrbolu spolu s dlouhou hlavou dvojhlavého svalu stehenního, upínající se na mediální části kosti holenní (Merkunová, Orel 2008). Tyto dva svaly spolupracují v pohybovém projevu extenze kyčelního kloubu a flexe v kolenu, a to zejména při sprinterském pohybu. *M. semitendinosus*, *m. semimembranosus* a *biceps femoris* pracují jako synergisté v komplexních neuromuskulárních vzorcích. Tuto synergii sledujeme mimo jiné i v běhu a jeho jednotlivých fázích švihové činnosti dolní končetiny. *Hamstringy* a *m. semitendinosus* zaujímají hlavní roli ve střední švihové fázi až počátečního stoje chodidla (Schuermans et al. 2014).

1.3.5 Funkce adduktorů a abduktorů kyčle

Svaly dolní končetiny se obvykle označují názvem kyčelní svaly (nebo svaly kyčelního kloubu). Mezi kyčelní svaly uložené na přední straně kyčle patří *m. iliopsoas* složený z *m. psoas major*, *m. iliacus* a *m. psoas minor*. Je zodpovědný za flexi bederní páteře, flexi, zevní rotaci a addukci stehna. Do skupiny kyčelních svalů na zadní straně stehna řadíme *mm. gluteae* a tzv. pelvitrochanterické svaly: *m. piriformis*, *m. obturatorius internus*, *m. gemellus superior et inferior*, *m. quadratus femoris*. Obě skupiny svalů začínají na pánvi a upínají se na stehenní kosti. Vnitřní skupina svalů, adduktory neboli přitahovače působí na boční stabilizaci dolní končetiny ve chvíli, kdy je na ni přenesena tělesná hmotnost, například při chůzi, chůzi do schodů nebo při sprinterské startovní pozici. Tyto svaly začínají převážně na kosti stydké. Rotují a přitahují stehno směrem k středové ose těla a pomáhají kolennímu kloubu v ohybu (Merkunová, Orel 2008). Mezi adduktory neboli stehenní svaly generující v kloubu pohyb směrem k středové ose těla řadíme *m. pectineus*, *m. adductor magnus brevis et longus*, *m. obturatorius externus*, *m. adductor brevis* a *m. gracilis* (Dylevský 2009). Zevní kyčelní svaly jsou nejpočetnější skupinou kyčelních svalů. Jsou uloženy na vnější straně pánve ve třech vrstvách. Mezi jejich hlavní funkce patří abdukce dolní končetiny neboli unožení, stabilizace pánve, zevní rotace stehna, extenze kyčelního kloubu a další (Dylevský 2009). Do těchto skupin

se řadí velký sval hýžd'ový (*m. glutaesus maximus*), střední sval hýžd'ový (*m. gluteus medius*), malý sval hýžd'ový – (*m. glutaesus minimus*), napínač stehení povázky (*m. tensor fasciae latae*), piriformis (*m. piriformis*) a čtyřhlavý sval stehenní (*m. quadratus femoris*). Tyto svalové skupiny zajišťují abdukcii a addukcii kyčelního kloubu, dále extenzi a flexi kolenního kloubu. Velikost poměrů mezi silami addukce, abdukcce, extenze a flexe u hráčů odpovídá riziku zranění pohybového aparátu sportovce. Jednotlivé rozdíly pozorujeme jak na samostatné dolní končetině mezi antagonisty, tak v silovém projevu rozdílných končetin, tzn. rozdíly velikosti sil dominantní a nedominantní končetiny. Například u fotbalistů běžně sledujeme mnohem vyšší relativní sílu při addukcii dominantní končetiny, neboť při kopu do míče nastává addukce (Griffin, Everett, Horsley 2015).

1.3.5 Benefity rozvoje silových schopností ve sportovní přípravě týmových sportů

Zvolená silová příprava v tréninkovém plánu sportovce má vliv na celkovou výkonnost sportovce a na jednotlivé specifické dovednosti. Úroveň silových schopností má vliv na rychlost změny směru běhu, výšku výskoku, rozsah pohybu, akceleraci, deceleraci a snižuje pravděpodobnost možného zranění (Wisløff et al. 2004). Rychlejší sprinteři vykazují vyšší úroveň maximální síly dolních končetin, kratší čas kontaktu chodidel se zemí a delší vzdálenost kroků, tyto všechny kvality korelují s vyšší silovou vybaveností a zkušeností se silovým tréninkem. Vyšší úroveň silové vybavenosti dolních končetin silně ovlivňuje schopnost sprintovat. Stejně tak vyšší úroveň maximální excentrické, dynamické a izometrické síly přispívá k rychlosti změně směru, spolu s lepší aktivitou centrální nervové soustavy (CNS). Výbušná síla je závislá na úrovni maximální síly hráče. Nárůst maximální síly je následně spojen s nárůstem relativní síly a tedy zlepšením celkového silového projevu hráče (Wisløff et al. 2004). Byla prokázána vyšší korelace ($r > 0,6$) mezi úrovní maximální síly na jedno opakovací maximum, nebo na 3 opakovací maxima sportovců. Následně se tento fakt projevil v základních cvičích a transferu této síly do specifických dovedností ve sportu a následného překonání slabších sportovců. Mezi jednotlivé cviky patřily například výraz nad hlavu s osou, bench press s osou, leg press, zadní dřep s osou, přemístění a výraz s osou, přemístění a izometrický dřep s osou (Suchomel, Nimphius, Stone 2016). Trenéři mohou manipulovat s rozvojem jednotlivých silových schopností. Úroveň relativní svalové síly dle studie Suchomel et al. (2016) silně koreluje ($r > 0,6$) i se specifickými pohybovými projevy sportovců.

Sportovci, kteří byli schopni zvednout na dřep více než dvojnásobek své tělesné hmotnosti rychleji sprintují, mění směr, provádějí pohybové úkony na hřišti rychleji, dříve potencují, dříve reagují na podněty a mají nižší výskyt zranění (Suchomel, Nimphius, Stone 2016).

1.3.7 Diagnostika silových schopností pomocí izokinetické dynamometrie

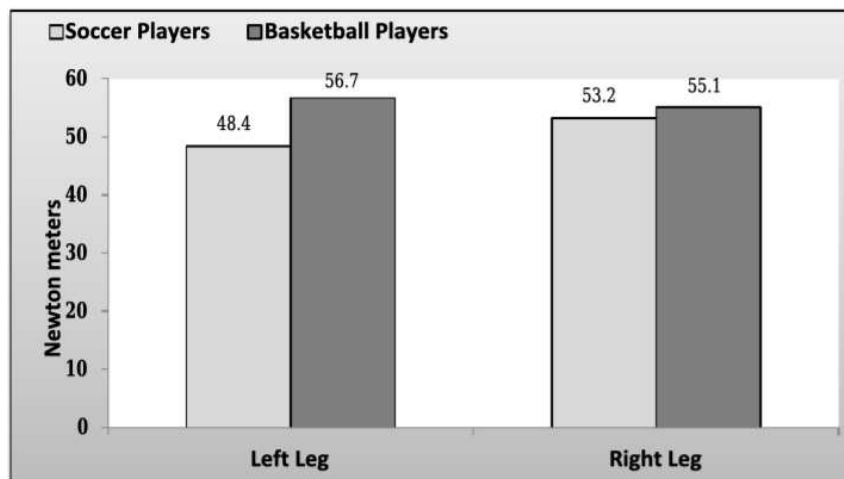
Izokinetické testy se ve sportovním prostředí využívají k měření schopnosti vyvinout maximální úsilí při zachování stejné rychlosti pohybu a s minimálním rizikem zranění v průběhu testování (Spencer 2010). Pojem „izokinetika“ vyjadřuje pohyb, ve kterém je zachována stejná úhlová rychlost segmentu. Segment těla, v tomto případě dolní končetina, se v izokinetickém stavu pohybuje konstantní úhlovou nebo lineární rychlostí. Před každým zrychlením segmentu těla začíná gradient rychlosti na 0 stupních za sekundu, až do chvíle, kdy je dosaženo nastavené rychlosti pohybu. Navýšení tohoto dosaženého maximálního zrychlení není možné, neboť všechny vynaložené síly působí proti odporu izokinetického zařízení, výsledkem je obdobná reakční síla končetiny (Spencer 2010).

1.3.8 Izokinetická dynamometrie

Izokinetická dynamometrie je technika a jedním ze zlatých standardů laboratorního testování, jenž se využívá výhradně k měření velikosti volní svalové kontrakce (Munoz-Bermejo et al. 2019). Kromě fyziologických a mechanických faktorů, zde hraje roli i faktor psychologický, neboť základními komponenty testování jsou i motivace a spolupráce jedince. Izokinetické přístroje pracují na principu: rameno páky, s kterým je proband v kontaktu, ten se pohybuje předem nastavenou úhlovou rychlostí (PAV – preset angular velocity). Pokud proband tlačí do podložky silněji, přístroj zvětší odpor, ale rychlost zůstává konstantní. To znamená, že odpor stroje je proměnlivý v závislosti na změně síly vyvíjené svaly v jednotlivých úhlech pohybu (biomechanika pohybu.upol.cz 2012). Testování dolních končetin, za pomoci izokinetické dynamometrie slouží ve sportovním prostředí k posuzování připravenosti hráče, a to jak z pohledu rizika zranění, tak schopnosti vyprodukovat určitou míru svalové síly. U hráčů posuzujeme poměr síly extenzorů a flexorů kolene. Tento poměr je nazýván H:Q poměrem a reflektuje unilaterální poměr. H:Q poměr odkazuje na vztah mezi maximální svalovou silou v točivém momentu svalových skupin přední ku zadní straně stehna.

Podprůměrný poměr tohoto unilaterálního poměru je spojena s rizikem zranění u profesionálních hráčů v týmových sportech (Croisier et al. 2008). Ve studii sledující 146 hráček fotbalu bylo toto riziko spojováno především s koncentrickou prací svalů (Söderman et al. 2001). Ačkoliv je obtížné hodnotu podprůměru zobecnit, tak je považována za hodnotu pod 50 % unilaterální asymetrie. Za “dostatečný“ poměr H:Q se považují hodnoty poměru mezi 50 % až 80 % v celém rozsahu pohybu kolene, v praxi můžeme počítat s vyšším poměrem při vyšších úhlových rychlostech (Grace et al. 1984; Raunest, Sager, Bürgener 1996; Bennell et al. 1998). Jakmile se poměr blíží 100 %, hamstringy neboli flexory kolene mají zvýšenou funkční kapacitu pro zajištění stability kolene. Tato zvýšená stabilita kolene může snížit možnost anterolaterální subluxace tibie (Dai et al. 2019). Dále můžeme rozlišovat poměr mezi pravou a levou, resp. dominantní a nedominantní stranou těla, který je reflektován bilaterálním poměrem. Ideální bilaterální poměr pro snížení rizika zranění by neměl být více než v rozmezí 10 % rozdílu pravé a levé dolní končetiny (Dai et al. 2019; Afonso et al. 2020; Yoshioka et al. 2010; <https://cybextest.org>) tyto hodnoty se však mohou měnit v závislosti na druhu sportu. Pokud hamstringy nedokážou vyprodukovat dostatečný točivý moment pro zpomalení rotace kolena, můžeme predikovat vyšší pravděpodobnost zranění hamstringů a poranění předního zkříženého vazů kolenního kloubu (Aagaard et al. 1998). Hamstringy v excentrické kontrakci slouží hráčům především při deceleraci a stabilizaci kolenního kloubu, naopak koncentrické zatížení hamstringů je využíváno primárně pro sprint. Přední sval stehenní se zapojuje v koncentrické kontrakci při extenzi kolenního kloubu, například při přihrávání ve fotbalu (Aagaard et al. 1998). Erdemir (2013) ve své studii zjistil významnou rozdílnost v produkci svalové síly u levé dolní končetiny basketbalistů v porovnání s fotbalisty viz obrázek č. 2. Tato rozdílnost byla zjištěna při rychlosti točivého momentu, neboli úhlové rychlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$, kterou pokládáme za pomalou a snažíme se s ní vyhodnocovat úroveň spíše maximálních silových schopností nežli rychlostních, až explozivních. Naopak úhlová rychlost $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ je považována za rychlou a vyjadřuje spíše silovou rychlost, explozivitou, v anglické literatuře často determinována termínem „power“ (Jenkins et al. 2015). Rozdíl je způsoben odlišnou úrovní bilaterální svalové síly mezi levou a pravou dolní končetinou u fotbalistů, basketbalisté tuto rozdílnost ve výsledcích studie neprokázali. Dále udává, že relativní síla je u fotbalistů a basketbalistů srovnatelná, ale absolutní síla je větší u basketbalistů než u fotbalistů. Podle Erdemira (2013) má tělesná hmotnost rozhodující vliv na maximální rychlost točivého momentu quadricepsů a hamstringů u hráčů fotbalu a basketbalu. Vztahy existují

také mezi hmotností jedince a maximálním výkonem, který je schopen na izokinetickém přístroji vykonat (Erdemir 2013). Zakas (1995) a Metaxas (2009) uvádějí, že maximální hodnoty točivého momentu extenzorů kolenního kloubu (quadricepsů) vyjádřené v absolutních hodnotách jsou u basketbalistů výrazně vyšší než u fotbalistů, a to o 8 % u levé dolní končetiny 203.3 ± 33.4 Nm vs 244 ± 37.2 Nm, stejně tomu bylo i u pravé končetiny 199.2 ± 33 Nm vs 252.8 ± 40.5 Nm při úhlové rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$. Při rychlosti $240^\circ \cdot s^{-1}$ dosahovali basketbalisté opět u extenzorů kolenního kloubu vyšších hodnot jak u levé tak pravé dolní končetiny. Poměr H:Q byl u basketbalistů vs fotbalistů 48.4 ± 7.7 vs 56.7 ± 4.8 a 3 % u pravé dolní končetiny 53.2 ± 7.0 vs 55.1 ± 6.0 a to při pomalé $60^\circ \cdot s^{-1}$ a rychlé $240^\circ \cdot s^{-1}$ úhlové rychlosti, viz obr. 2 (Erdemir 2013).



Obr. 2 Rozdílnost hodnot maximálního točivého momentu v kolenním kloubu u basketbalistů a fotbalistů v úhlové rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ a $240^\circ \cdot s^{-1}$ (Erdemir 2013).

1.3.9 Dynamická svalová síla u vertikálních výskoků

Dovednost provádět vertikální výskok je důležitým komponentem sportovního výkonu v týmových sportech (Karatrantou et al. 2019). Několik autorů uvedlo, že výkon vertikálního výskoku, často reprezentován výškou vertikálního výskoku v cm, je vysoce relevantní při hodnocení jiných výkonových parametrů, mezi které řadíme maximální sílu, rychlost sprintu a změny směru pohybu (Comfort et al. 2014). Měřená míra schopnosti u dovednosti vertikálního výskoku mimo jiné vypovídá o funkční kapacitě a výkonu v týmových sportech, mezi které řadíme basketbal, házenou, fotbal, volejbal a další. Výbušnost je závislá na úrovni maximální síly hráče. Nárůst maximální síly je

následně spojen s nárůstem relativní síly a tedy zlepšením celkového silového projevu hráče a jeho odrazových schopností (Rodríguez-Rosell et al. 2017).

1.3.10 Diagnostika odrazových schopností

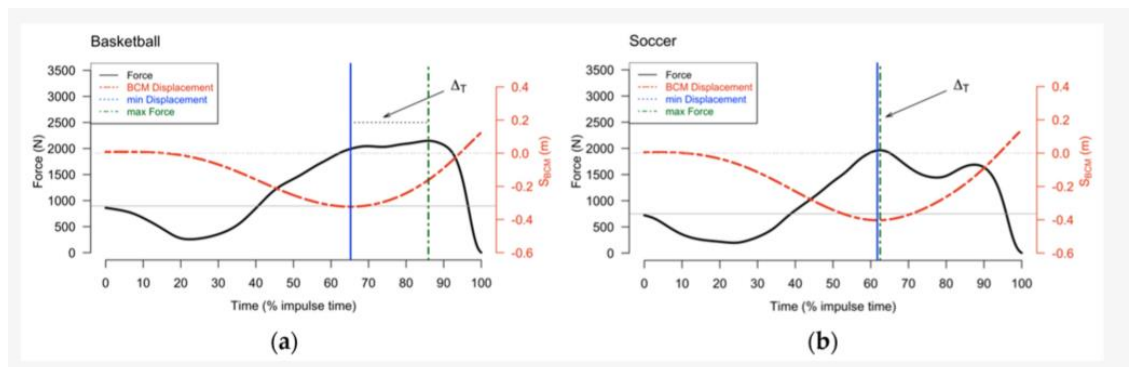
Pro diagnostiku odrazových schopností ve vertikálním směru se využívá silových desek, hlavně při evaluaci inverzní dynamiky, tedy projekce síly do podložky v průběhu výskoku a dopadu. V diagnostice se nejčastěji využívá čtyř základních druhů vertikálních výskoků. Mezi tyto výskoky řadíme: vertikální výskok bez dopomoci švihů paží (anglicky „countermovement jump“; CMJ), výskok z podřepu (anglicky „squat jump“; SJ), výskok po seskoku (anglicky „drop jump“; DJ) a výskok s dopomocí švihů paží (anglicky „countermovement jump-free arms“; CMJ-FA). SJ zahrnuje pouze koncentrickou fázi pohybu, ostatní zahrnují cyklus natažení zkrácení, excentrickou i koncentrickou fázi pohybu. Tento cyklus může být relativně pomalý u výskoku s protipohybem, nebo relativně rychlý u výskoku po seskoku, nebo u opakovaných poskoků na místě (Young 1995). Na základě těchto charakteristik je zapotřebí brát v potaz, že výsledky rozdílných výskoků mohou vypovídat o rozdílných složkách silové schopnosti hráčů (Nishioka, Okada 2022). Mezi parametry, které sledujeme v průběhu testování vertikálního výskoku řadíme: dobu letu, vzletovou rychlost a velikost tlakové síly produkované směrem do podložky (Karas, Otáhal 1979). Dle výsledků hodnotíme projevy bilaterální asymetrie dolních končetin, projevy maximální síly, plyometrické dovednosti, koordinaci a explozivitu (Zahálka 2018). Úroveň těchto dovedností nejvíce ovlivňuje velikost maximální a reaktivní síly hráče, to určuje jeho míru schopnosti produkovat sílu ve vertikálním směru, nebo-li jeho vertikální projev síly, za krátký čas (F-v) (Nishioka, Okada 2022). Schopnost produkovat větší svalovou sílu za co nejkratší čas spolu s koordinací jednotlivých segmentů napomáhá lepším výsledkům v testování vertikálního výskoku. Naopak naučená technika provádění výskoku nehraje v porovnání s těmito kvalitami tolik významnou roli (Vanezis, Lees 2005). Nejvíce se svou aktivitou při odrazové fázi ve vertikálním směru podílejí extenzory kolenního kloubu, *vastus medialis*, *vastus lateralis* a *vastus intermedius* (Singh, Satish, Kumar 2017). Trénink výskoku po seskoku z bedny neovlivňuje výšku výskoku s protipohybem natolik jako tomu ve studiích bylo při rozvoji maximální síly na dřep v polovičním rozsahu dolních končetin. Proto zařazovat trénink výskoků s protipohybem pro zlepšení indexu reaktivní síly (RSI) nemá dostatečně velký význam (Marshall, Moran 2013). Ve studii, která

testovala dohromady 127 hráčů fotbalu a 59 hráčů basketbalu vyšly rozdílnosti ve vertikálním výskoku, konkrétně CMJ, výskok s protipohybem bez dopomoci paží (Rodríguez-Rosell et al. 2017) (Tab. 1)

Tab. 1 Průměrné výšky vertikálního výskoku CMJ v centimetrech mezi věkovými skupinami fotbalistů a basketbalistů (Rodríguez-Rosell et al. 2017)

	Fotbal			Basketbal		
	U-15	U-18	Dospělý	U-15	U-18	Dospělý
CMJ	31,8 ± 4,8	36,5 ± 4,7	38,1 ± 5,0	31,9 ± 5,0	32,9 ± 6,0	34,6 ± 5,8
Pokus 1	32,1 ± 4,8	36,8 ± 4,7	38,4 ± 4,7	31,9 ± 4,9	32,8 ± 5,9	35,0 ± 6,0
Pokus 2	32,1 ± 4,9	36,6 ± 4,7	38,2 ± 4,8	31,8 ± 4,9	33,2 ± 5,9	34,8 ± 5,8
Pokus 3	32 ± 4,8	36,7 ± 4,6	38,2 ± 4,8	31,9 ± 4,9	33,0 ± 5,9	34,8 ± 5,8

V další studii byly sledovány faktory ve výskocích, které by úzce korelovaly s daným sportem. Skupina fotbalistů (42 hráčů) vykazovala impuls síly v propulzní fázi odrazu, jehož průměrné hodnoty byly o 6,48 % vyšší, než tomu bylo u skupiny basketbalistů (39 hráčů), (Chalitsios et al. 2019). Z výsledků studie vyplývá, že fotbalisté v průměru vykonávali CMJ odlišně, než je tomu u hráčů basketbalu. Fotbalisté prováděli výskoky z větší hloubky a působili do podložky větší silou v průběhu propulzního pohybu, viz Obr. 3. Z obrázku vyplývá, že fotbalisté realizovali výskok odlišným technickým provedením a dosáhli vyšších hodnot impulsu síly. Tento fakt odpovídá i hernímu projevu na hřišti, kdy fotbalisté produkují více síly v horizontálním směru oproti basketbalistům, kteří potřebují mnohem více produkovat sílu ve vertikálním směru, a to rychleji a několikrát za sebou, například při opakovaných doskocích na koš. Fotbalisté prováděli odraz delší dobu, tzn. potřebovali více času k vyprodukování potřebné síly pro výskok (Chalitsios et al. 2019).



Obr. 3 Křivka charakteristického silového projevu hráče basketbalu vs. hráče fotbalu. Svislé čáry znázorňují maximální hodnotu hloubky protipohybu (plná modrá čára) a maximální hodnotu vykonané síly ve vertikálním směru (zelená přerušovaná čára). Šedá plná vodorovná čára označuje tělesnou hmotnost subjektů a přerušovaná šedá vodorovná čára označuje nulovou hodnotu pro těžiště hráče, tzn. kdy je hráč ve vzduchu. (Chalitsios et al. 2019)

1.4 Charakteristika pohybového zatížení

1.4.1 Charakteristika basketbalu

Basketbal se vyznačuje, stejně jako jiné sportovní hry konkrétními fyzickými kvalitami hráčů. Hráči, by měli být schopni běhat, skákat, akcelarovat, decelerovat a rychle měnit směr svého pohybu. Společným znakem těchto fyzických úloh je schopnost optimalizovat úroveň síly směrem k zemi v co nejkratším čase. Tyto schopnosti určitým způsobem zapadají mezi fyzické kvality, kterými by jednotliví hráči měli disponovat. Mezi tyto fyzické kvality či schopnosti řadíme: sílu, výbušnost (výbušnou sílu), reaktivní sílu a rychlost. Optimální zastoupení těchto fyzických kvalit udává hráči schopnost podávat adekvátní výkon na hřišti (Cole, Panariello 2016). Basketbalové utkání hrají dvě družstva o ti hráčích. Cílem každého družstva je vstřelit míč do soupeřova koše a zabránit soupeři, aby dosáhl koše. Vítězí tým, který na konci utkání skóruje více bodů, více vstřelených košů. Hřiště určené pro basketbal musí mít rozměrů 28m na délku a 15m na šířku (FIBA, 2023).

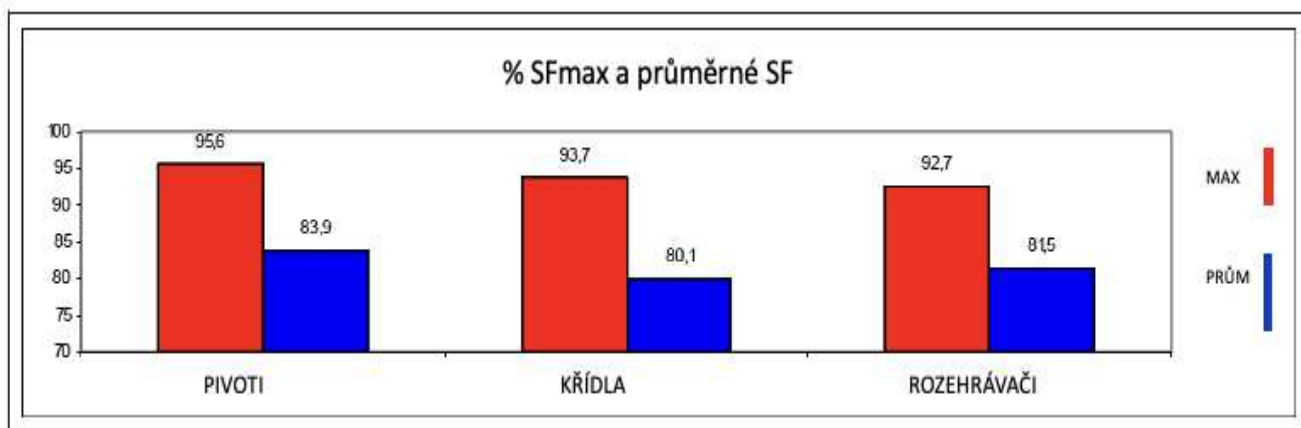
1.4.1.1 Vnější zatížení hráče basketbalu

Nejčastěji sledované specifické pohybové činnosti hráče v utkání a tréninkovém procesu jsou výskok (střelba, doskok, dvojtakt), obranný pohyb (pohyb bokem a vzad), driblíng, přihrávka trčením a za hlavou. Dvě studie (Bishop, Wright 2006; Hůlka, Bělka, Cuberek 2013) rozdělují rychlostní kategorie, ve kterých se hráč v rámci utkání nachází do tří kategorií: Pohybové činnosti nízké intenzity, stání (do $0,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), chůze ($0,10 - 1,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), poklus ($1,10 - 3,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Pohybové činnosti střední intenzity ($3,10 - 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) a pohybové činnosti vysoké až maximální intenzity ($\geq 5,10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), (Bishop, Wright 2006). Nejužitečnější hráči basketbalu absolvují za utkání v průměru okolo 4 km celkové vzdálenosti pohybu. Defenzivní a ofenzivní pohyb jednotlivých hráčů basketbalu se liší maximálně o 1 % ve prospěch ofenzivního pohybu (Video Status | Stats | NBA.com 2022). Jednotlivé herní pozice hráčů v basketbalu se rovněž svým charakterem vnějšího zatížení odlišují. Tyto rozdíly však nejsou tak signifikantní jako je tomu u pozičních rozdílů fotbalových hráčů. Rozdíly se vyskytují především mezi pivoty a ostatními pozicemi, do kterých řadíme křídla a rozehrávače. Pivot naběhá v průměru nižší počet km za utkání, neboť se nejčastěji vyskytuje ve vymezeném územím pod košem. Na druhou stranu pivot se dostane mnohem častěji do zón maximálních rychlostí při lineárním přeběhu hřiště. Stejně tak napočítáme pivotům až o dvojnásobně vyšší množství výskoků za utkání, s vyšším počtem výskoků tak rovnoměrně narůstá impakt na kosterní a svalový aparát hráče (García et al. 2020). Pivot se v porovnání s ostatními hráči dostane až 50 krát častěji do výskoků za utkání (Fox, Green, Scanlan 2021). Celkový počet sprintů, který hráč v průměru absolvuje je mezi 18 až 105 sprintů. V přepočtu mluvíme o 2 – 6 % celkové hry. Elitní hráči se ve sprinterském zatížení pohybují v mnohem menší míře než sub-elitní hráči. Ve vysoce intenzivním běhu se hráč pohybuje okolo $406 \pm 109 \text{ m}$ za utkání. Frekvence běhu stranou, respektive zatížení hráče v laterálním směru, byl u basketbalu nejvyšší v porovnání s fotbalem, kdy se juniorští basketbalisté dostávali až na 944 m za utkání (Taylor et al. 2017). Dalším faktorem, který ovlivňuje celkový profil hráče je počet akcelerací a decelerací za utkání, případně jejich poměr. Dle Vázquez-Guerrero (2018) elitní basketbalisté na všech herních pozicích vykazují vyšší počet decelerací za utkání, než počet akcelerací, a to až v poměru 1: 4,87 u křídel (anglicky „shooting guard“). Poměr nemaximálního, neboli průměrně rychlé akcelerace a decelerace za minutu ($<3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) byl obdobný počtu zaznamenaného u profesionálního fotbalového zápasu (1,23 vs. 1,16) ve studii Akenhead, et al., 2013, avšak poměr

maximálního akcelerace a decelerace za minutu ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) byl téměř třikrát vyšší 1,10 vs. 0,34 u basketbalistů než u fotbalistů v utkání (Akenhead, et al. 2013). Tyto výsledky zdůrazňují větší počet decelerací v rychlostech $>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ v basketbalu, a to pravděpodobně z důvodu rozměrů basketbalového hřiště (Vázquez-Guerrero et al. 2018). Informace o takovém množství decelerací u hráčů basketbalu by měly být zohledněny při tvorbě silově-kondičních programů, aby byli hráči co nejlépe připraveni na herní nároky a nebyly naopak unavovány vysokým množstvím decelerací v trénincích blíže k utkání (Vázquez-Guerrero et al. 2018). Hráči basketbalu ve hře provedou vysoké množství vertikálního výskoku, počet je mezi 41 až 56 výskoky, což ve srovnání s fotbalisty, kteří se do výskoku dostávají především v situacích odehrání míče hlavou, je mnohonásobně vyšší. Svalová síla, která je primárně zodpovědná za výšku vertikálního výskoku je koncentrická svalová síla předního svalu stehenního (McInnes et al. 2010). Jedním z dalších prediktorů pro co nejvyšší schopnost vertikálního výskoku a produkce vertikální síly je silová asymetrie dolních končetin. Silová asymetrie ovlivňuje maximální výšku výskoku, a také snižuje poměr výšky výskoku mezi SJ a CMJ, což naznačuje, že hráči bez asymetrie mají vyšší kapacitu pro skoky s využitím nervo-svalového mechanismu, myotatického reflexu, resp. cyklu natažení- zkrácení (anglicky „stretch-shortening cycle“; SSC), (Križaj et al. 2019).

1.4.1.2 Vnitřní zatížení hráče basketbalu

Vaquera (2008) odkazuje na úzký vztah mezi srdeční frekvencí (SF) a maximální spotřebou kyslíku pro intenzity aktivit mezi 60-90 % maximální spotřeby kyslíku. Tyto hodnoty lze následně využít pro určení intenzit zatížení v tréninku i v utkání (Gilman 1996). Jednotlivé herní pozice se mezi sebou v dosažených % maximální srdeční frekvence významně neliší. V jednotkách procent však naměříme nejvyšší procenta SF u střelců, křídel a následně pivotů viz Obr. 5. Jedním ze závěrů této studie byl fakt, že SF hráčů basketbalu graduje směrem ke konci utkání (Vaquera Jiménez 2008).



Obr. 5 Průměrná SF u hráčů basketbalu (Vaquera Jiménez 2008)

Mezi jednotlivými pozicemi v basketbalové hře nesledujeme velké rozdíly v dosažených hodnotách maximální SF. Tento fakt je dle Vaquery a Jimenez (2008) zapříčiněný především tím, že hráči jsou stále flexibilnější hrát na několika herních pozicích, dle potřeb klubů a zvolené taktiky hry, viz Tab. 4.

Tab. 4 Maximální dosažené hodnoty SF hráčů v průběhu jednotlivých čtvrtin utkání (Vaquera Jiménez 2008)

	% SFmax 1	% SFmax 2	% SFmax 3	% SFmax 4
Pivoti	94.9	95.7	95.6	96.1
Křídla	92.7	93.4	93.5	95.2
Rozehrávači	92.3	93.0	92.3	93.0

Legenda: %SFmax: dosažená % maximální srdeční frekvence

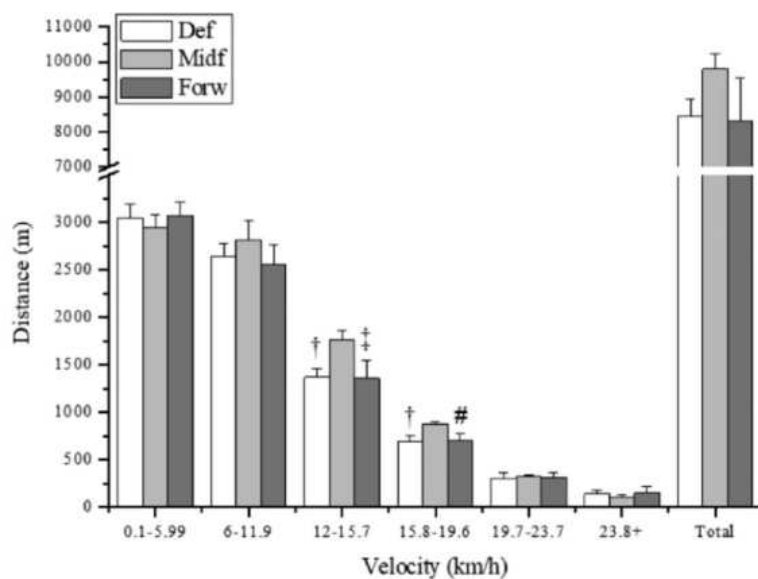
1.4.2 Charakteristika fotbalu

Fotbalové utkání, které v kategoriích trvá 2 x 45min nepřerušovaného času, v sobě zahrnuje mnoho druhů lokomoce, které se každých 4-6 sekund obměňují. V rámci fotbalového utkání lze pozorovat běh lineární, změny směru, deceleraci, akceleraci, výskoky, skluzy, rotace a další. K těmto neustálým změnám je zapotřebí, aby měl fotbalový hráč optimálně rozvinuté obratnostní schopnosti (Kirkendall 2013).

1.4.2.1 Vnější zatížení hráče fotbalu

Mezi nejčastější měřené hodnoty externího zatížení sportovců patří fyzický výkon, rychlost pohybu, akcelerace, decelerace a analýza stráveného času v daných rychlostech na hřišti. Charakteristika fotbalového zatížení v utkání má intermitentní charakter, to znamená, že herní utkání nemá kontinuální a konstantní zatížení, ale intenzita zatížení se střídá od maximálního, submaximálního až klidového zatížení (kdy se hráči nepohybují). Studie, které se zabývají pohybovými profily fotbalových hráčů, rozdělují lokomoční činnosti do následujících kategorií: stoj, chůze, klus, rychlý běh a sprint. Rychlostní zóny (čas a vzdálenost, který v nich hráči setrvají) jsou jedním z nejčastěji sledovaným ukazatelem zatížení hráčů na hřišti. Aslan et al. (2012), ve své studii rozdělil rychlostní zóny do 8mi kategorií “chůze”, od 0.0 do 6.0 km/h; “poklus”, od 6.1 do 8.0 km/h; “běh v nízké intenzitě”, od 8.1 do 12.0 km/h; “běh střední intenzity”, od 12.1 do 15.0 km/h; “běh vysoké intenzity”, od 15.1 do 18.0 km/h; “sprint nižší intenzity”, od 18.1 do 21.0 km/h; “středně intenzivní sprint”, od 21.1 do 24.0; a “sprint nejvyšší intenzity” nad 24.0 km/h (Fitzpatrick et al. 2018). Dello Iacono et al. (2017) dále ve své studii rozdělil zatížení hráčů do pěti zón z hlediska pracovního výkonu organismu: “malý výkon”, od 0.0 do 10.0 W/kg; “střední výkon”, od 10.0 do 20.0 W/kg; “vysoký výkon”, 20.0 do 35.0 W/kg; “zvýšený výkon”, od 35.0 do 55.0 W/kg; a “maximální výkon” více než 55.0 W/kg. Jednotlivé pozice fotbalových hráčů se liší, jak v celkové naběhané vzdálenosti, tak v poměru vzdáleností, které stráví v jednotlivých rychlostních zónách a počtem sprintů za utkání. Počet metrů strávených v nejvyšší dosažené rychlosti běhu mezi středním záložníkem a krajním obráncem může být až dvojnásobně vyšší u krajního obránce, avšak počtem sprintů se za utkání ofensivní střední záložník dostane naopak na dvojnásobně vyšší hodnoty než krajní obránce (FIFA Training Centre, 2022). V totožném utkání se tak střední záložník spolu se středním obráncem nacházejí více v rychlostním zatížení, na druhou stranu krajní obránci a krajní záložníci se nacházejí více v zatížení vytrvalostně-rychlostního charakteru (Bujnovsky et al. 2019). Poli (2021) stanovil průměrně absolvovanou vzdálenost elitních hráčů světové úrovně za utkání, a to 9 200 m pro střední obránce a v průměru okolo 10 600 m pro záložníky. Metaxas (2009) ve své studii udává, že elitní hráči v průměru překonávali větší vzdálenosti v první polovině zápasu, a to ve všech rychlostních úrovních. Rozdělil rychlostní zóny hráčů na chůzi (0.1–5.99 km.h⁻¹), pomalý běh (6–11.9 km.h⁻¹) běh (12–15.7 km.h⁻¹) rychlejší běh (15.8–19.6 km.h⁻¹) a vysoce rychlostní (19.7–23.7 km.h⁻¹ a nad 23.8 + km.h⁻¹).

Znázornění průměrně naběhaných vzdáleností elitních juniorských fotbalistů za utkání v jednotlivých úrovních rychlosti viz Obr. 3. Fotbalový juniorský hráč stráví ve srovnání s halovými sporty více času ve vysoce intenzivním běhu než ve sprintu, a to mezi 458 až 1740 m za utkání. Obecně ve studiích sprint zařazujeme do rychlostní zóny 7 m/s a více, nebo-li 25,2 km/h a více (Rampinini et al. 2007). Hráči fotbalu naběhají v průměru okolo 250 m vzdálenosti ve sprintu za utkání (Bradley et al. 2009). Do výskoku se v průměru juniorští hráči fotbalu dostanou 0,9 až 3,6 krát za utkání (Taylor et al. 2017; Akenhead et al. 2013).



Obr. 4 Průměrné hodnoty naběhané celkové vzdálenosti hráčů (Metaxas 2021)

1.4.2.2 Vnitřní zatížení hráče fotbalu

Vnitřní zatížení definují stresory, které na hráče v době zátěže působí. Mezi tyto stresory řadíme biologické, fyziologické a psychické stresory. Jmenované stresory vyvolávají psychofyziologickou odezvu organismu sportovce, která se následně kvantifikuje a monitoruje. Monitorují se ukazatelé psychofyziologické odezvy organismu v zátěži, mezi které řadíme srdeční frekvenci (dále jen SF), hladina laktátu v krvi (dále jen LA) a subjektivně vnímaná úroveň vyčerpání hráče na stupnici od 1-10 (anglicky „rate of perceived exertion; RPE) (Bourdon et al. 2017). SF je ukazatelem činnosti srdce, na periférii se označuje jako tepová frekvence (TF). Podle některých autorů existuje přímý vztah mezi SF sportovců a jejich maximální spotřebou kyslíku pro intenzitu cvičení od

60 % do 90 % maximální spotřeby kyslíku. Gilman (1996) tvrdí, že tento vztah by mohl znamenat, že určité rozsahy SF mohou být použity jako ukazatele interního zatížení hráčů jak v tréninku, tak v soutěžích. Dynamiku změn SF lze pozorovat před, v průběhu tak i po výkonu (Havlíčková 1991). Při hodnocení a interpretaci měření SF v průběhu pohybové činnosti je potřeba respektovat fakt, že SF je tzv. nepřímým ukazatelem zatížení organismu (Süss a Tůma 2011). Mezi další ukazatele řadíme např. laktát, maximální spotřebu kyslíku a poměr respirační výměny plynů (Zahradník a kol. 2012). Monitorováním srdeční frekvence v průběhu výkonu pozorujeme danou adaptaci organismu na zátěž. Sporttester, který SF měří nám udává okamžitou zpětnou vazbu reakce na zatížení. U SF pozorujeme nejčastěji 2 důležitá data, maximální SF a klidovou SF. Maximální SF udává, jak maximálně rychle je srdce schopné tepat za minutu. Klidová SF značí, jak rychle tepe srdce při odpočinku, obvykle je měřena po probuzení. Maximální SF se vlivem tréninku nemění, ale klidová ano (Benson et al. 2012). V průběhu přátelského utkání (2 x 45min) elitních fotbalistů španělské národní ligy kategorie U19, byla odezva srdeční frekvence nejčastěji v rozmezí 80 – 90 % SF_{max} hráčů. Tento údaj odpovídá tomu, že se hráč nejčastěji pohybuje na úrovni svého anaerobního prahu. Průměrné hodnoty srdeční frekvence hráčů se nachází mezi 161-165 tepů za minutu. Hráči v průměru stráví mnohem více času ve vyšších hodnotách SF v první polovině utkání než v druhé. Pokud bychom sledovali rozdíly v zatížení hráče dle herní pozice, tak se parametry vnitřního zatížení tolik neliší. Nejvíce se dle Aslan et al. (2012) liší hladiny LA, kdy útočníci vykazují nejvyšší hladiny a to v průměru za utkání okolo 4,62 mmol·L⁻¹ krve (Aslan et al. 2012).

Tab. 2 Průměrné hodnoty LA, SF a RPE 36 hráčů juniorské týmu Ankara, Turecké Ligy (Aslan et al. 2012).

Hodnoty	Obránci	Střední záložníci	Útočníci
LA (mmol.L ⁻¹)	3.24 (± 0.98)	4.02 (± 1.31)	4.62 (± 1.55)
SF (b.min ⁻¹)	161 (± 8)	166 (± 11)	165 (± 5)
RPE	12.2 (± 1.1)	12.7 (± 1.2)	12.9 (± 0.9)

Legenda: LA: Laktát, SF srdeční frekvence, RPE subjektivně vnímaná námaha sportovce

1.4.3 Charakteristika florbalu

Florbal je halový sport odehrávající se na relativně tvrdém a rovném povrchu, na gumové podlaze (např. taraflex) nebo parketách, jež nekladou odpor míčkům a čepelím hokejek. Hrací plocha obehnaná mantinely má tvar obdélníku se zaoblenými rohy, délka

hřiště měří 40 m a šířka 20 m. Čistý čas hrací doby činí 3x 20 min, přestávky k výměně hracích stran trvají 10 min. Každé družstvo má možnost 1x půl minutového time-outu (Skružný a kol. 2005).

1.4.3.1 Vnější zatížení hráče florbalu

V průměru dle studie Barbero-Alvarez et al. (2008) překonají hráči za florbalového utkání 4 448m. Rychlostní kategorie rozdělují na stání (0 až 0,1 m·s⁻¹), chůze (0,2 až 1 m·s⁻¹), poklus (1,1 až 3 m·s⁻¹), střední intenzita běhu (3,1 až 5 m·s⁻¹), vysoká intenzita běhu (5,1 až 7 m·s⁻¹) a sprint/ maximální intenzita běhu (> 7,1 m·s⁻¹) (Kysel 2010). Florbalista se v průměru za utkání dostane mnohem častěji do decelerace než akcelerace, to predikuje vysoké nároky na silovou připravenost vazivového a svalového aparátu vzhledem k množství excentrické zátěže (Kirsilä 2023). Především v maximální možné rychlosti, ve kterých je hráč schopen decelerovat a akcelarovat (tj 3.00 a více m·s⁻¹) jsou tyto hodnoty dle Kirsilä (2023) až 17 násobně odlišené ve prospěch decelerací. Avšak tato studie je v takovém množství naměřená jako jediná, proto je potřeba brát tyto výsledky s rezervou. Průměrné hodnoty naběhaných vzdáleností z české florbalové superligy viz tabulka 3 (Hejný 2023)

Tab. 3 Průměrné hodnoty naběhaných vzdáleností z české florbalové superligy (Hejný 2023)

Herní pozice	Průměrně naběhané m za utkání
Obránce	4118 m
Levé křídlo	4390 m
Pravé křídlo	4521 m
Střední útok	4163 m

1.4.3.2 Vnitřní zatížení hráče florbalu

V průměru se dle nejnovější a také jediné dohledané studie hráči florbalu dostanou na úroveň 150 srdečních tepů za minutu, nejvyšší hodnoty dosahují obdobných hodnot jako u fotbalu a basketbalu okolo 190 SF. Průměrná maximální rychlost je v průměru za florbalové utkání dosažená v rychlosti okolo 26 km/h (Kirsilä 2023). Dle Hanice (2010) a výzkumu v jeho bakalářské práci se hráči florbalu pohybují relativně konstantně na stálých hodnotách, a to nad úrovní 85 % SF max, tyto hodnoty se v průběhu mistrovského utkání nejvyšší České republiky významně neměnily.

1.5 Porovnání externího a interního zatížení hráčů fotbalu, basketbalu a florbalu

V tab. 5 jsou shrnuté získané údaje zatížení normalizované k minutě a době utkání daného sportu, které se napříč studii zmíněné v teoretické části vyskytovaly.

Tab. 5 Průměrné hodnoty se směrodatnými odchylkami získané v rámci studií, zabývající se externím a interním zatížení hráčů basketbalu, fotbalu a florbalu

Průměrné hodnoty	Fotbal	Basketbal	Florbal
Celkově naběhaná vzdálenost (m/utkání)	9 900 Raffaele et al. (2021)	4 000 NBA.com (2022)	4 380 Kirsilä (2023)
Vzdálenost akcelerací v nejvyšší naměřené velikosti zrychlení >3 m/s² (m/utkání)	178 Akenhead (2013)	46 Vázquez-Guerrero (2018)	66 Kirsilä (2023)
Počet decelerací v nejvyšší naměřené velikosti zpomalení >3 m/s² (m/utkání)	162 Akenhead (2013)	160 Vázquez-Guerrero (2018)	17 Kirsilä (2023)
Počet výskoků za utkání (n/utkání)	0,9 - 3,6 Taylor (2017)	41 - 56 McInnes (2010)	nebylo naměřeno Kirsilä (2023)
Počet sprintů v maximální rychlosti za utkání >7 m/s (n/utkání)	35 Bradley (2009) 15 Di Salvo et al (2007)	105 McInnes (1995)	17 Kirsilä (2023)
Průměrné hodnoty SF (tepů/min)	161-165 Aslan (2012)	149-166 Vaquera (2008)	150 SF Kirsilä (2023)
Maximální SF (tepů/min)	175 Capranica (2001)	187 Vaquera (2008)	190 Kirsilä (2023)
Max % SF (%)	80-90 % Aslan (2012)	90 % Vaquera (2008)	90 % Kirsilä (2023)

2 Praktická část

2.1 Cíle práce

Hlavním cílem této práce bylo objektivizovat a komparovat vybrané indikátory silových schopností dolních končetin u hráčů týmových sportovních her (basketbal, fotbal, florbal) kategorie U19. Sekundárním cílem bylo zjistit vztah (míru korelace) mezi parametry síly flexe/extenze v kolenním kloubu a parametry vertikálního výskoku. Dále tyto úrovně vztahů mezi jednotlivými sporty deskriptivně komparovat.

2.2 Hypotézy

H1 – Relativní hodnoty izokinetické síly dolních končetin jsou mezi fotbalem, basketbalem a florbalem signifikantně ($p < 0,05$) odlišné ve prospěch fotbalistů.

H2 – Relativní hodnoty izokinetické síly extenzorů kolenního kloubu budou u sledovaných sportů signifikantně odlišné ($p < 0,05$).

H3 – Relativní hodnoty dynamické síly dolních končetin při vertikálním výskoku jsou mezi fotbalem, basketbalem a florbalem signifikantně ($p < 0,05$) odlišné ve prospěch basketbalistů.

H4 – Nejsilnější vztah mezi relativní izokinetickou silou dolních končetin a vertikálním výskokem předpokládáme u hráčů basketbalu.

Úkoly práce

1. Zpracování teoretické rešerše
2. Výběr probandů
3. Výběr metody pro výzkum
4. Sběr dat
5. Výběr metody pro zpracování výsledků
6. Vyhodnocení výsledků dle zjištěných výsledků a následná diskuze
7. Napsání diplomové práce

3 Metodika práce

3.1 Charakteristika zkoumaného souboru

Celkem bylo vybráno 56 probandů ze tří skupin rozdílných sportů (viz Tab č.6, 7 a 8) stejné věkové dorostenecké kategorie U19. Jednalo se o sporty basketbal, florbal a fotbal z nejvyšší soutěže v ČR. Do výzkumného souboru byli zahrnuti hráči ze všech postů v daném sportu, a to ve fotbale brankáři, obránci, záložníci i útočníci, stejně tak ve florbale to jsou brankáři, obránci, útočníci a centr. V basketbalu to byli křídla, pivoti, centři i rozehrávači.

Tab. 6 Skupina – basketbal kategorie U19, soutěž extraliga ČR

Basketbal	
Počet probandů	11
Průměrný věk	18 ±0,67 let
Průměrná výška	190,00 ±9,25 cm
Průměrná hmotnost	80 ±11,79 kg

Tab. 7 Skupina – fotbal, kategorie U19, 1. celostátní liga dorostu

Fotbal	
Počet probandů	15
Průměrný věk	17 ±1,15 let
Průměrná výška	179,92 ±6,12 cm
Průměrná hmotnost	73,34 ±5,73 kg

Tab. 8 Skupina florbal, kategorie U19, CE Liga

Florbal	
Počet probandů	30
Průměrný věk	16 ±0,82 let
Průměrná výška	180,59 ±5,68 cm
Průměrná hmotnost	70,34 ±8,86 kg

3.2 Organizace výzkumu

Testování proběhlo v Laboratoři sportovní motoriky na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Testování probíhalo pro jednu skupinu v rámci jednoho dne, ale pro rozdílnou skupinu probandů z daných sportů v jiný den. Před zahájením testování byli všichni probandi seznámeni s průběhem testování, se kterým souhlasili v předloženém informovaném souhlasu. V případě nezletilých probandů mladších 18 let podepsal informovaný souhlas jejich zákonný zástupce. Testování probandi byli rozděleni do menších skupin po 4-5 hráčích. Ty postupně odcházely v předem stanovené časy do laboratoře, kde se následně střídaly s další skupinou hráčů. Pro potřeby naší práce jsme vybrali testy vertikálních výskoků, a to konkrétně CMJ bez dopomocí paží a výskok z podřepu (SJ-fixed arms). Dalším testem vybraným pro tuto práci byla izokinetická dynamometrie na přístroji Human Norm Cybex (CSMi Humac Norm USA). Testování hráči podstupovali testy v následujícím pořadí:

- Tělesné složení
- Flexe a extenze kolene na izokinetickém dynamometru
- Vertikální výskoky s dopomocí paží (CMJ-with arms)
- Vertikální výskok bez dopomocí paží
- Výskok z podřepu (SJ-fixed arms)

3.2.1 Testování svalové síly extenzorů a flexorů kolene (Cybex)

Probandi byli testováni na izokinetickém přístroji (CSMi, Human Norm, USA). Zjišťován byl maximální točivý moment flexorů a extenzorů kolene dominantní a nedominantní dolní končetiny při koncentrické kontrakci v úhlových rychlostech $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ pro měření maximální síly a $300^{\circ}\cdot s^{-1}$ pro měření rychlostní síly. Dominance končetiny byla zjištěna způsobem dotazování jednotlivců. Dynamometr funguje následujícím principem, kolik síly proband vyprodukuje, tolik síly vyprodukuje dynamometr v opačném směru proti probandovi při zachování uhlové rychlosti pohybu. Před testováním na dynamometru absolvovali všichni probandi jednotné rozcvičení, za cílem aktivace testovaných svalových skupin. Rozcvičení obsahovalo 3 série dřepů po 10 opakováních, 2 série výpadů po 10 opakováních na každou nohu a 2 série mostů, resp. zdvihu pánve (en. glutes bridges) v poloze na zádech na zemi, pro aktivaci hamstringů a gluteálních svalů. Test probíhal v sedě na přístroji, ve kterém byl proband usazen

a zajištěn popruhy na trupu, testovaná dolní končetina byla fixována s cílem zaizolovat pohyb a tím provést test přímo na zacílené svalové skupiny. Proband nejprve provedl 3 submaximální opakování pro rozcvičení, tj zkušební extenzi a následnou flexi v kolenním kloubu. Rameno dynamometru v tuto chvíli provádělo nemaximální odpor vůči probandovo dolní končetině. Po-té následovala dvě maximální opakování, všichni probandi se drželi postranních madel přístroje. Testovala se extenze a flexe v kolenním kloubu při rychlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ a pro měření maximální síly při koncentrické fázi pohybu, následně po 1 min pauze byl měřen stejný pohyb při rychlostech $300^{\circ} \cdot s^{-1}$. Po-té proběhla pauza a přednastavení dynamometru pro druhou dolní končetinu. V průběhu testování probíhala vizuální i verbální zpětná vazba a motivace k prováděným pohybům probanda.

3.2.2 Vertikální výskok s protipohybem (CMJ)

Většinu pohybových úkonů, jakými jsou například házení a skákání, předchází protipohyb. Existuje řada důkazů, že právě tento protipohyb zlepšuje výkonnost v těchto úkonech. Bylo prokázáno, že testované osoby dosahují větší výšky výskoku při tzv. skoku s protipohybem (CMJ), kdy začínají ze vzpřímené polohy a před zahájením odrazu provedou pohyb směrem dolů, než při tzv. skoku z podřepu (SJ), kdy jsou osoby instruovány, aby začaly z podřepu a neprovedly žádný protipohyb. Testované osoby jsou schopné vyprodukovat více síly při skoku s protipohybem než při výskoku z podřepu (Bobbert et al. 1996). Jako další možné faktory ovlivňující výkonnost v těchto dvou rozdílných testech uvádí Bobbert (1996) dovednost osvojení si správné techniky testování, především u SJ, kdy testované osoby většinou nejsou zvyklé tento druh výskoku běžně ve svém sportu provádět. Dalším faktorem je, že u SJ testované osoby začínají z izometrické fáze a po 4-5 s přecházejí do koncentrické fáze, v takovém případě není sval maximálně stimulován nervovou soustavou, jako je tomu u výskoku s protipohybem, kdy je pohyb maximálně dynamický, tudíž i nervová stimulace dosahuje vyšší úrovně. Posledním rozhodujícím faktorem je dle Bobbert (1996), že během protipohybu při CMJ jsou aktivní svaly předpjeté a absorbují energii, jejíž část je následně uložena v elastických vazivových tkáních a později znovu využita ve fázi, kdy svaly působí koncentricky. Studie naznačují, že právě SSC pomáhá zvýšit výkonnost testovaným osobám při CMJ oproti výkonnosti při SJ (Asmussen, Bonde-Petersen 1974, Komi, Bosco 1978)

Test vertikálního výskoku CMJ bez dopomocí paží se primárně využívá k měření úrovně odrazové a výbušné síly dolních končetin. Test s protipohybem vypovídá o reaktivní síle dolních končetin a schopnosti hráče provést efektivně SSC (Bobbert et al. 1996). V průběhu testování CMJ se nezapojují paže, které hráči napomáhají k lepšímu výkonu. Prvním pohybem na dynamometrických deskách je ohyb v kolenou a kyčlích probanda. Následuje extenze kolen a kyčlí, proband vyskakuje vertikálně vzhůru. V průběhu letové fáze proband nepokrčuje dolní končetiny. V tomto testu je hlavním úkolem probanda vyskočit co nejvýše a dopadnout zpět oběma chodidly na desky, ze kterých se odrážel, a to nejlépe zpět na místo, ze kterého odraz inicioval. V rámci našeho testování se proband postavil jedním chodidlem na jednu dynamometrickou desku a druhým chodidlem na druhou. Využito bylo silových desek (Kistler Instrument AG, Švýcarsko) s frekvencí záznamu 1000 Hz a dobou snímání 4 sekundy. Standardní protokol obsahoval vždy 3 maximální pokusy pro každý typ výskoku. První typem výskoku byl CMJ a druhým typem výskoku byl SQJ. Proband měl vždy k dispozici dobu odpočinku minimálně 10 s mezi jednotlivými skoky. V testu jsme sledovali maximální výšku výskoku, relativní maximální sílu a relativní maximální výkon neboli impulz v přepočtu na kg tělesné hmotnosti.

3.2.3 Výskok z podřepu (SJ)

Výskok z podřepu, SJ (fixed arms), začínal obdobným způsobem jako CMJ. Testovaný proband stál oběma chodidly na dynamometrických deskách (Kistler). Poté provedl pokrčení v kolenou, díky kterému se dostal do pozice dřepu, v němž setrval po dobu 4-5 sekund. Na pokyn testujícího prováděl testovaný z této pozice odraz s nejvyšším úsilím o dosažení co nejvyšší výšky výskoku. Při letové fázi proband udržoval nohy v kolenní extenzi a minimální flexi kyčlí. Testovací interval trval 60sec a testovaný proband provedl v tomto čase celkově 3 výskoky. Cílem testu bylo zjistit maximální výšku výskoku, maximální vyprodukovanou vertikální reaktivní sílu působící do podložky (VGRF) a silový impulz. Hodnoty jsme normalizovali vzhledem k tělesné hmotnosti sportovce.

3. 4 Statistické zpracování dat

Základní vyhodnocení výsledků bylo pomocí deskriptivní statistiky, kde jsem použila průměr, směrodatnou odchylku a procenta. Pro testování a ověření normálního

rozložení dat byl použitý Shapiro-Wilkův test. Pro komparaci rozdílnosti průměrných hodnot mezi třemi skupinami fotbal, florbal a basketbal byla použita analýza rozptylu (ANOVA) se stanovenou hranicí významnosti $p = 0,05$. Pro zjištění závislosti dvou hodnot uvnitř skupin Fotbal, Florbal a Basketbal, byl použitý test založený na koeficientu korelace, tj. Pearsonův korelační koeficient se stanovenou hladinou posouzení síly vztahu: $r = 0,00-0,19$ „velmi slabý“, $r = 0,20-0,39$ „slabý“, $r = 0,40-0,59$ „střední“, $r = 0,60-0,79$ „silný“, $r = 0,8-1,00$ „velmi silný“. Statistické zpracování bylo provedeno pomocí softwaru Excel (Microsoft, USA) a SPSS v24 (USA).

4 Výsledky práce

4.1 Výsledky izokinetické síly

Nejvyšší výkonnosti v dosažené relativní maximální síle extenzorů kolene dominantní končetiny při rychlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ dosáhla signifikantně vyšších hodnot, a to o 9 % skupina fotbalových hráčů, v porovnání s hráči florbalu ($p = 0,016$) viz Tab. 9. U nedominantní končetiny nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl těchto dvou skupin v maximální vynaložené relativní síle extenzorů kolene. U flexorů kolene dominantní končetiny dosáhla skupina fotbalistů opět statisticky významně vyšších výsledků a to 12 % v porovnání se skupinou basketbalistů ($p = 0,017$), avšak u nedominantní končetiny nebyly tyto rozdíly statisticky významné. Flexory kolene u nedominantní končetiny byly naopak významně slabší u florbalistů ($p = 0,000$) v porovnání s basketbalisty o 34 %, a s fotbalisty o 37 % ($p = 0,000$). U bilaterální asymetrie v nižších rychlostech ($60^{\circ} \cdot s^{-1}$) nebyl pozorován rozdíl vyšší, než by dle předchozích studií predikoval zranění či nedostatečnou silovou vybavenost hráčů. V rámci porovnání dvou skupin hráčů v poměru H:Q, neboli unilaterální asymetrie: fotbalistů a florbalistů byl nalezen statisticky významný rozdíl ($p = 0,042$), kdy se tyto hodnoty lišily o 9 % na nedominantní končetině.

Tab. 9 Výsledky izokinetické síly na Cybex Human Norm při úhlové rychlosti $60^{\circ}/s$

60 °/s	Basketbal			Florbal			Fotbal		
	Dom	Ned	Bilaterální Asymetrie %	Dom	Ned	Bilaterální Asymetrie %	Dom	Ned	Bilaterální Asymetrie %
Q* 60 EXTENZE (Nm/kg)	2,96 ±0,31	2,74 ±0,27	9,4 ±5,23	2,77 ± 0,30	2,87 ±0,35	7,8 ±5,70	3,02 ±0,36	2,94 ±0,31	9,02 ±5,17
H* 60 FLEXE (Nm/kg)	1,51 ±0,16	1,64 ±0,60	7,39 ±6,52	1,60 ±0,25	1,08 ±0,22	9,15 ±6,71	1,73 ±0,23	1,73 ±0,27	10,65 ±7,43
Poměr H:Q (%)	52,08 ±7,95	54,56 ±7,53		57,93 ±7,60	53,98 ±7,70		57,95 ±8,59	59,40 ±10,89	

(Q* quadriceps, H* hamstring, Dom* dominantní, Ned* nedominantní)

Ve výsledcích relativní maximální síly dolních končetin v maximální rychlosti izokinetického dynamometru $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,004$) u extenzorů kolenního kloubu dominantní končetiny v porovnání skupiny basketbalistů a fotbalistů, kdy fotbalisté dosahovali vyšších výsledků o 11 %. U nedominantní

končetiny nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl těchto dvou skupin v maximální vynaložené relativní síle extenzorů kolene. Statisticky významného rozdílu ($p = 0,001$) bylo zaznamenáno v porovnání skupin fotbalistů a florbalistů, kdy fotbalisté opět vykazovali vyšších hodnot vynaložené svalové síly extenzorů až o 11 % na dominantní končetině. Na nedominantní končetině fotbalisté dosáhli nižších hodnot projevu síly extenzorů kolene, a to až o 30 %, nicméně tento údaj nenabyl statistické významnosti. U flexorů kolene dominantní končetiny dosáhla skupina fotbalistů statisticky významně vyšších výsledků a to o 22 % v porovnání se skupinou basketbalistů ($p = 0,000$), a o 20 % v porovnání s flexory kolenního kloubu florbalistů ($p = 0,000$). U nedominantní končetiny nebyly tyto rozdíly statisticky významné. U bilaterální asymetrie ve vyšší úhlové rychlosti vykazovali florbalisté a basketbalisté vyšších % rozdílů mezi pravou a levou dolní končetinou v relativní maximální síle flexorů kolene při úhlové rychlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$, tento fakt dle studií může poukazovat na vyšší pravděpodobnost zranění hráče. Rozdíl unilaterálního poměru flexorů kolene vůči extenzorům nebyl vyšší, než by dle předchozích studií predikoval zranění či nedostatečnou silovou vybavenost hráčů. Pokud porovnáme skupinu fotbalistů se skupinou basketbalistů i florbalistů v % hodnotách unilaterální asymetrie tj poměr H:Q, zjistíme, že fotbalisté dosáhli statisticky významně vyšších hodnot ($p = 0,001$), a to o 20 % na dominantní končetině a o 21 % na nedominantní končetině, než tomu bylo ve skupině basketbalistů, a o 13 % vyšších hodnot poměru H:Q na dominantní končetině a o 14 % na nedominantní v porovnání s florbalisty ($p = 0,007$).

Tab. 10 Výsledky izokinetické síly na Cybex Human Norm při úhlové rychlosti $300^{\circ}/s$

300 °/s	Basketbal			Florbal			Fotbal		
	Dom	Ned	Bilaterální Asymetrie %	Dom	Ned	Bilaterální Asymetrie %	Dom	Ned	Bilaterální Asymetrie %
Q 300 EXTENZE (Nm/kg)	1,57 ±0,22	1,58 ±0,21	8,73 ±4,49	1,59 ±0,15	1,62 ±0,16	7,20 ±6,16	1,77 ±0,16	1,14 ±0,15	7,57 ±7,07
H 300 FLEXE (Nm/kg)	0,81 ±0,20	0,76 ±0,19	18,7 ±16,87	0,88 ±0,14	0,84 ±0,13	12,27 ±8,04	1,10 ±0,15	1,81 ±0,13	8,76 ±6,92
Poměr H:Q (%)	51,13 ±9,82	48,21 ±10,02		55,79 ±10,07	52,52 ±9,18		64,57 ±7,03	61,06 ±10,15	

(Q* quadriceps, H* hamstring, Dom* dominantní, Ned* nedominantní)

4.2 Komparace skupin v testu explozivní síly dolních končetin CMJ +

Nejvyšší výkonnosti v hodnotách výšky výskoku v testu vertikálního výskoku bez dopomoci paží bylo zaznamenáno ve skupině fotbalistů v porovnání se skupinou basketbalistů o 10 % ($p = 0,026$) a skupinou florbalistů o 14 % ($p = 0,000$). Hodnoty impulzu síly nebyly mezi jednotlivými skupinami v tomto testu statisticky významně odlišné.

Tab. 11 Výsledky vertikálních výskoků testovaných skupin v testu CMJ bez dopomoci paží

CMJ	Basketbal	Florbal	Fotbal
Max výška (cm)	37,9 ±5,55	35,99 ±4,59	42,25 ±4,54
Max. síla (N/kg)	2,52 ±0,34	2,51 ±0,28	2,63 ±0,21
Impulz síly (Ns/kg)	3,23 ±0,34	3,15 ±0,33	3,15 ±0,37

4.3 Komparace skupin v testu explozivní síly dolních končetin výskok z podřepu SJ

Nejvyšší výkonnosti v dosažené výšce výskoku v testu výskoku z podřepu bylo dosaženo ve skupině fotbalistů a to o 14 % v porovnání s výškou výskoku u basketbalistů ($p = 0,003$) a o 14 % v porovnání s výškou výskoků florbalistů ($p = 0,000$). U hodnot vynaložené maximální síly na kg tělesné hmotnosti (N/kg) byl statisticky významný rozdíl ($p = 0,050$) pozorován pouze v porovnání skupiny florbalistů a basketbalistů, tento rozdíl byl o 6% vyšší u hráčů basketbalu. Statisticky významný rozdíl byl dále pozorován u hodnot impulzu síly na kg tělesné hmotnosti (Ns/kg) hráčů, kdy fotbalisté dokázali vynaložit vyšších hodnot impulzu síly v porovnání s basketbalisty o 21,9 % ($p = 0,011$), a v porovnání s florbalisty rovněž o 14,3 ($p = 0,11$).

Tab. 12 Výsledky testovaných skupin v testu vertikálního výskoku z podřepu

Squat Jump	Basketbal	Florbal	Fotbal
Max výška (cm)	33,44 ±5,20	33,35 ±4,23	39 ±4,56
Max. síla na kg (N/kg)	2,32 ±0,4	2,16 ±0,15	2,29 ±0,17
Impulz na kg (Ns/kg)	2,47 ±0,22	2,58 ±0,20	3,01 ±0,96

4.5. Závislost mezi velikostí vykonané síly dolních končetin na izokinetickém dynamometru a výkonu v testu vertikálního výskoku testovaných skupin

U testované skupiny basketbalistů jsme našli významnou korelaci mezi vykonanou maximální silou na kg tělesné hmotnosti (N/kg) při CMJ a silou flexorů kolene při maximální úhlové rychlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ na dominantní končetině ($r = 0,630$) i na nedominantní končetině ($r = 0,669$). Silnější vztah byl ale nalezen ve vykonané maximální síle extenzorů kolene na kg tělesné hmotnosti u nedominantní končetiny v úhlové rychlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ a vykonané maximální síle při výskoku z podřepu SJ ($r = 0,733$) a CMJ ($r = 0,755$). U florbalistů jsme významnou korelaci mezi výsledky z testů vertikálních výskoků a vykonané maximální síly v izokinetických testech při rychlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ nenalezli. Nalezena byla pouze vyšší významnost v impulzu síly na kg tělesné hmotnosti a síle extenzorů kolene nedominantní končetiny v úhlové rychlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ($r = 0,463$). U skupiny fotbalistů nabyly korelace nejvyšších hodnot ve vztahu mezi testy vertikálních výskoků a síly flexorů kolene při nižších úhlových rychlostech. V případě výšky výskoků v testu CMJ a síly flexorů kolene při rychlostech $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ byla vysoká míra záporné korelace ($r = -0,75$) u nedominantní končetiny, a ne příliš vysoká u dominantní končetiny ($r = -0,54$). Dále byla objevena silná záporná korelace mezi výškou výskoku z podřepu (SJ) a izokinetickým projevem maximální síly (Nm/kg), opět při nižší rychlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ u nedominantní končetiny ($r = -0,704$).

5 Diskuze

Hlavním cílem této práce byla komparace projevu silových schopností dolních končetin na izokinetickém přístroji (CYBEX) a silových deskách (KISTLER) u hráčů týmových sportovních her (basketbal, fotbal, florbal) kategorie U19 nejvyšší ligové soutěže ČR. Sekundárním cílem bylo zjistit míru korelace mezi parametry síly flexe a extenze v kolenním kloubu s parametry vertikálního výskoku. Hlavním zjištěním práce bylo, že relativní izokinetická síla dolních končetin se statisticky lišila mezi fotbalem, basketbalem a florbalem. Statisticky nejlepších výsledků jsme zaznamenali u hráčů fotbalu v porovnání s ostatními sporty. Porovnání maximální relativní síly dolních končetin mezi jednotlivými sporty ukázalo na významný rozdíl mezi silovým projevem dominantní a nedominantní končetiny hráčů fotbalu v porovnání s hráči basketbalu a florbalu. Podle Iga et al. (2009) fotbalisté téměř nikdy nepoužívají obě nohy se stejným úsilím, tato preference jedné končetiny souvisí následně s dominancí jedné hemisféry mozku, což může být příčinou určitého silového deficitu u profesionálních fotbalistů na nedominantní končetině.

Fotbalisté prokázali významné rozdíly mezi silovou vybaveností flexorů a extenzorů kolene na dolní dominantní končetině vůči ostatním skupinám. Na nedominantní končetině tyto rozdíly nedosáhli statistické významnosti. Tzn, že i přesto jakým způsobem fotbalisté převyšovaly svými výsledky ostatní sporty silovou vybaveností na dominantní končetině, tak nedokázali konkurovat stejným způsobem na končetině nedominantní. Napříč studiemi shledáváme minimální rozdíly ve výsledcích maximální velikosti točivého momentu relativní síly dolních končetin jedinců. Pokud však byla porovnávána velikost momentu síly bez přepočtu na kg těl hmotnosti, tak basketbalisté dokázali v průměru vynaložit větší úsilí v testech izokinetické dynamometrie (Zakas et al. 1995; Metaxas et al. 2009). Toto zjištění nám individuálněji vypovídá o možné nedostatečnosti silové vybavenosti hráčů basketbalu. V poměru ke své hmotnosti a výšce hráčů basketbalu je takový silový projev nedostatečný, a to především pokud se podíváme na nároky externího zatížení v basketbalu. Ve shrnutí fotbalisté prokázali vyšší silovou vybavenost dolních končetin, tento fakt potvrdil hypotézu č. 1 a vyvrátil hypotézu č. 2.

V rámci 3. hypotézy jsme předpokládali, že vztah vysokého počtu decelerací ve vysokých rychlostech vůči akceleracím v basketbalovém utkání se promítne do výsledků

maximální relativní svalové síly extenzorů kolenního kloubu u hráčů basketbalu, jakožto hlavní svalové skupiny podílející se na deceleraci. Ale byli to fotbalisté, kteří dosáhli signifikantně lepších výsledků relativní síly kolenních extenzorů, tj. quadricepsů při nejnižších i nejvyšších rychlostech na dominantní končetině. Stejně tak dosahovali lepších výsledků unilaterálního poměru H:Q. Tento fakt vyšší relativní síly může korelovat, jak s externím zatížením hráčů fotbalu na hřišti v utkání, tak s nastavením tréninkové zátěže v rámci rozdílností ligových klubů v ČR. Dle studií se dostane fotbalový hráč do sprintu v maximální rychlosti nejčastěji na vzdálenost 10-20 m a 20 m a více (Bangsbo, Nørregaard, Thorsø 1991; Reilly 1976; Spencer et al. 2005). Zdá se, že je nutné rozlišovat počet vs. intenzitu decelerací, jelikož decelerace z vyšší velikosti rychlosti vyvíjí větší zátěž pro komplex kolene (Williams et al. 2017). Do takovéto vzdálenosti se vzhledem ke stylu hry a rozměrů hřišť basketbalisté ani florbalisté ve vysoké rychlosti nedostanou.

Vzhledem k předpokládanému vysokému počtu decelerací ku akceleracím v basketbalu jsme očekávali velký unilaterální rozdíl mezi silovými predispozicemi kolenních extenzorů a flexorů. Tento fakt se ve skupině basketbalistů potvrdil viz Tab. 10., ve které vidíme nižší procentuální poměr H:Q, tj relativní sílu extenzorů vůči flexorům.

V porovnání s fotbalisty, vyvinuli basketbalisté rovněž nižší úroveň relativní síly v testu izokinetické dynamometrie, a to jak u flexorů kolene, tak u extenzorů kolene při obou testovaných úhlových rychlostech na dominantní končetině. U nedominantní končetiny vyvinuli basketbalisté v průměru vyšší úroveň relativní svalové síly extenzorů kolene, avšak fakt nenabyl hladiny statistické významnosti ($p = 0,072$).

V testu vertikálního výskoku CMJ s SJ fotbalisté vykazovali nejlepších výsledků v hodnotách dosažené výšky v cm. Studie zkoumající prediktory, které se obecně podílejí nejvíce na výkonnosti ve výskocích, konkrétně CMJ a SJ, se v lineárním regresním modelu koncentrická síla quadricepsu při úhlové rychlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ statisticky významně podílí na výšce vertikálního výskoku, zatímco ostatní parametry (koncentrická nebo excentrická síla hamstringů) nedosáhly dostatečné hladiny významnosti ($p > 0,05$) ve vztahu k výšce výskoku CMJ (Križaj et al. 2019). Takové zjištění potvrzuje úzký vztah silové vybavenosti hráčů a jejich následných výkonech v testování výskoků. Pro trenéry může být tento fakt pomůckou v sestavování tréninkového plánu pro sportovce, například

za cílem dosažení vyššího výskoku při hře. Jak zdůrazňují mezinárodní vědecké výzkumy (Pomohaci, Sopa 2021) výskok při utkání je především v basketbalu jedním z hlavních faktorů úspěchu při doskocích na koš, obraně, střelbě z výskoku, blokování i přebírání míče a útočnou hru. Vertikální výskok je primární a základní dovedností v kondičních schopnostech basketbalisty, a tedy i prediktorem pro lepší výkonnost ve hře.

V našem testování nabyli nejvyššího záporného korelačního vztahu fotbalisté mezi výškou obou vertikálních výskoků a silového výkonu při nižších úhlových rychlostech $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ flexorů kolenního kloubu pro SJ. Úloha flexorů kolene je dle výzkumů (Singh, Satish, Kumar 2017) v průběhu odrazové fáze vertikálního výskoku omezená, protože flexe kolene není důležitější než flexe trupu v přípravné fázi vertikálního výskoku. V průběhu odrazové fáze je to především *m. gluteus medius*, který se primárně zapojuje a následně přerozděluje energii dále do distálnějších svalových skupin dolní končetiny (Singh, Satish, Kumar 2017). Tento fakt byl díky tomuto zápornému korelačnímu vztahu podpořen.

Korelační vztahy nalezených studií potvrzují, že větší svalová síla flexorů kolene neznamenala vždy lepší výkonnost ve vertikálních výskocích. Naopak se v rámci studií objevují výsledky napovídající tomu, že nejvyšší korelace nastává mezi výkony ve vertikálních výskocích a maximálním projevem síly extenzorů kolene (tj. quadricepsů) a to při vyšších úhlových rychlostech ($>120^{\circ} \cdot s^{-1}$) na Cybexu (Jiang et al. 2023; Singh, Satish, Kumar 2017; Davis et al. 2003).

U basketbalistů byla nakonec i v našem případě nalezena vysoká kladná korelace u dominantní a nedominantní dolní končetiny, mezi silovými predispozicemi extenzorů kolenního kloubu a výkonem ve vertikálním výskoku z podřepu i s protipohybem. Tím se potvrdila 4. hypotéza této práce. Vztah výsledků izokinetické dynamometrie a výkonu ve vertikálních výskocích bylo v našem případě pozorováno pouze v průběhu koncentrické fáze pohybu. Dle studií (Umberger 1998; Singh, Satish, Kumar 2017) je síla extenzorů kyčlí důležitější v průběhu excentrické fáze, a síla extenzorů kolene je nejdůležitější v průběhu koncentrické fáze vertikálního výskoku. Zřejmě i proto byla v našem případě zjištěna silná záporná i kladná korelace mezi relativní silou extenzorů kolene a vertikálními výskoky napříč všemi třemi sporty.

Hlavním limitem této diplomové práce je menší počet hráčů v jednotlivých sportech a nerozdělení hráčů dle herních pozic. Dalším limitem bylo nezohlednění počtu tréninkových jednotek a jejich následná analýza pro rozvoj síly dolních končetin, nebo celkové hodinové tréninkové zatížení hráčů spolu s počtem utkání pro komparované sporty. Každé družstvo tak může mít jinak profesionalizovanou fyzickou přípravu, která mimo specifické herní tréninkového zatížení v týdnu, může ovlivňovat úroveň silových schopností. Dalším limitem bylo shledáno, že se hráči nacházeli v různém období sezóny, neboť sporty mají rozdílný sezónní charakter.

Doporučení pro další řešení diplomových prací je pracovat s dotazníkem pro zjištění subjektivního vnímání zatížení (RPE) a GPS systémem individuálně v rámci jednotlivých klubů. Do testování zahrnout více hráčů z nejvyšších lig v ČR a přihlédnout i k zázemí těchto klubů, které by mělo nabízet obdobné služby ze stran trenérů a realizačního týmu. Pro přesnější výsledky silové vybavenosti dolních končetin by bylo rovněž přínosné zahrnout testování relativní síly abduktorů a adduktorů kyčlí, která by mohla poukazovat na silovou připravenost hráčů do změn směrů na hřišti.

Závěr

Tato práce zjistila rozdílnou úroveň adaptace síly dolních končetin mladých sportovců mezi sporty basketbal, fotbal a florbal. Ukazuje se, že pohyb ve sportech jako je fotbal a basketbal dosahuje významně vyšších nároků na absolutní a explozivní sílu dolních končetin než ve florbale. Tyto údaje podporují dosavadní poznání o specifické adaptaci na individuální sport, a obohacují o informace o úrovni rozdílů a vztahů silových schopností ve sportech jako je basketbal, fotbal a florbal. Jak vyplývá z teoretické části, fotbalisté naběhají dle Raffaele et al. (2021) okolo 10 km a z toho 20 % decelerují v rychlostech nad 20 km/h, což je o 20 % více než Vázquez-Guerrero (2018) zjistil u basketbalistů, kteří za utkání naběhají pouhých 5 km a z toho decelerují cca 30 %, ale v rychlostech mezi 10 až 15 km/h, neboť se vzhledem k rozměrům hřišť nemají šanci dostat do obdobných rychlostí jako se dostávají fotbalisté. Tento fakt mimo jiné potvrzuje předpoklad práce, že basketbalisté decelerují častěji, ale v menší rychlosti v porovnání s fotbalisty. To způsobuje menší zatížení svalů dolních končetin, což odpovídá našemu zjištění silnějšího projevu relativní síly extenzorů kolene u fotbalistů. V hypotéze 3 jsme tak nepotvrdili větší relativní sílu extenzorů kolene u basketbalistů.

Výsledky našeho testování poukazují na nutnost většího monitoringu a intervence silového tréninku do tréninkového procesu hráčů basketbalu a florbalu. U fotbalových hráčů výsledky poukazují spíše na práci s nepoměrem silové vybavenosti dominantní končetiny ku nedominantní v porovnání s ostatními sporty.

Ve vztahu k množství výskoků a decelerací, jež hráči v průběhu basketbalového utkání průměrně absolvují byla očekávána jistá dominance ve výsledcích testů vertikálních výskoků a izokinetické dynamometrie extenzorů kolene basketbalistů v porovnání s florbalisty a fotbalisty. Vzhledem ke zjištěným výsledkům však můžeme konstatovat, že rozdílný počet pohybových úkonů ve sportu nemusí rozhodovat o následné velikosti projevu silových schopností hráčů, neboť se tyto úkony mohou dít např v jiných rychlostech, pokud mluvíme o deceleracích. U výskoků se však projevila určitá silová nedostatečnost v projevu hráčů basketbalu a florbalu.

Zdroje

1. AAGAARD, P, SIMONSEN, E B, MAGNUSSON, S P, LARSSON, B and DYHRE-POULSEN, P, 1998. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *The American journal of sports medicine*. 1998. Vol. 26, no. 2, pp. 231–237. DOI 10.1177/03635465980260021201.
2. AKENHEAD, Richard, HAYES, Philip R, THOMPSON, Kevin G and FRENCH, Duncan, 2013. Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of science and medicine in sport*. November 2013. Vol. 16, no. 6, pp. 556–561. DOI 10.1016/j.jsams.2012.12.005.
3. ASLAN, Alper, ACIKADA, Caner, GÜVENÇ, Alpay, GÖREN, Hasan, HAZIR, Tahir and OZKARA, Asaf, 2012. Metabolic demands of match performance in young soccer players. *Journal of sports science & medicine*. 2012. Vol. 11, no. 1, pp. 170–179.
4. BANGSBO, J, NØRREGAARD, L and THORSØ, F, 1991. Activity profile of competition soccer. *Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport*. June 1991. Vol. 16, no. 2, pp. 110–116.
5. BENNELL, K, WAJSWELNER, H, LEW, P, SCHALL-RIAUCOUR, A, LESLIE, S, PLANT, D and CIRONE, J, 1998. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British journal of sports medicine*. December 1998. Vol. 32, no. 4, pp. 309–314. DOI 10.1136/bjism.32.4.309.
6. BISHOP, D.C. and WRIGHT, C., 2006. A time-motion analysis of professional basketball to determine the relationship between three activity profiles: high, medium and low intensity and the length of the time spent on court. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2006. Vol. 6, no. 1, pp. 130–139. DOI 10.1080/24748668.2006.11868361.
7. BOBBERT, Maarten F., GERRITSEN, Karin G.M., LITJENS, Maria C.A. and VAN SOEST, Arthur J., 1996. *Why is countermovement jump height greater than squat jump height?*. . 1996.
8. BOURDON, Pitre C, CARDINALE, Marco, MURRAY, Andrew, GASTIN, Paul, KELLMANN, Michael, VARLEY, Matthew C, GABBETT, Tim J, COUTTS, Aaron J, BURGESS, Darren J, GREGSON, Warren and CABLE, N

- Timothy, 2017. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International journal of sports physiology and performance*. April 2017. Vol. 12, no. Suppl 2, pp. S2161–S2170. DOI 10.1123/IJSPP.2017-0208.
9. BRADLEY, Paul, SHELDON, William, WOOSTER, Blake, OLSEN, Peter, BOANAS, Paul and KRUSTRUP, Peter, 2009. High-intensity running in English FA Premier League Soccer Matches. *Journal of sports sciences*. 2009. Vol. 27, pp. 159–168. DOI 10.1080/02640410802512775.
 10. Bračić, M., Hadžič, V., Čoh, M., & Dervišević, E. (2011). Relationship between time to peak torque of hamstrings and sprint running performance. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(4), 281-286.
 11. BUJNOVSKY, David, MALY, Tomas, FORD, Kevin R., SUGIMOTO, Dai, KUNZMANN, Egon, HANK, Mikulas and ZAHALKA, Frantisek, 2019. Physical fitness characteristics of high-level youth football players: Influence of playing position. *Sports*. 2019. Vol. 7, no. 2, pp. 1–10. DOI 10.3390/sports7020046.
 12. CHALITSIOS, Christos, NIKODELIS, Thomas, PANOUTSAKOPOULOS, Vassilios, CHASSANIDIS, Christos and KOLLIAS, Iraklis, 2019. Classification of Soccer and Basketball Players' Jumping Performance Characteristics: A Logistic Regression Approach. *Sports*. Online. 2019. Vol. 7, no. 7. DOI 10.3390/sports7070163.
 13. COMFORT, Paul, STEWART, Al, BLOOM, Laurence and CLARKSON, Ben, 2014. Relationships Between Strength, Sprint, and Jump Performance in Well-Trained Youth Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Online. 2014. Vol. 28, no. 1. Retrieved from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2014/01000/relationships_between_strength_sprint_and_jump.23.aspx
 14. CROISIER, Jean-Louis, GANTEAUME, Sebastien, BINET, Johnny, GENTY, Marc and FERRET, Jean-Marcel, 2008. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American journal of sports medicine*. August 2008. Vol. 36, no. 8, pp. 1469–1475. DOI 10.1177/0363546508316764.
 15. DAVIS, D.Scott, BRISCOE, David A, MARKOWSKI, Craig T, SAVILLE, Samuel E and TAYLOR, Christopher J, 2003. Physical characteristics that

- predict vertical jump performance in recreational male athletes. *Physical Therapy in Sport*. Online. 2003. Vol. 4, no. 4, pp. 167–174.
DOI [https://doi.org/10.1016/S1466-853X\(03\)00037-3](https://doi.org/10.1016/S1466-853X(03)00037-3).
16. DELLO IACONO, Antonio, MARTONE, Domenico, CULAR, Drazen, MILIC, Mirjana and PADULO, Johnny, 2017. Game Profile-Based Training in Soccer: A New Field Approach. *Journal of strength and conditioning research*. December 2017. Vol. 31, no. 12, pp. 3333–3342.
DOI 10.1519/JSC.0000000000001768.
 17. ERDEMIR, Ibrahim, 2013. Comparative analysis of isokinetic leg strength in professional soccer and basketball players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*. 2013. Vol. 35, pp. 73–82.
 18. FITZPATRICK, John F, HICKS, Kirsty M and HAYES, Philip R, 2018. Dose-Response Relationship Between Training Load and Changes in Aerobic Fitness in Professional Youth Soccer Players. *International journal of sports physiology and performance*. November 2018. pp. 1–6. DOI 10.1123/ijsp.2017-0843.
 19. FOX, Jordan L, GREEN, Jesse and SCANLAN, Aaron T, 2021. Not All About the Effort? A Comparison of Playing Intensities During Winning and Losing Game Quarters in Basketball. *International journal of sports physiology and performance*. September 2021. Vol. 16, no. 9, pp. 1378–1381.
DOI 10.1123/ijsp.2020-0448.
 20. FREEMAN, Brock W, YOUNG, Warren B, TALPEY, Scott W, SMYTH, Andrew M, PANE, Calvin L and CARLON, Todd A, 2019. The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. July 2019. Vol. 59, no. 7, pp. 1119–1125.
DOI 10.23736/S0022-4707.18.08703-0.
 21. GARCÍA, Franc, VÁZQUEZ-GUERRERO, Jairo, CASTELLANO, Julen, CASALS, Martí and SCHELLING, Xavi, 2020. Differences in Physical Demands between Game Quarters and Playing Positions on Professional Basketball Players during Official Competition. *Journal of sports science & medicine*. June 2020. Vol. 19, no. 2, pp. 256–263.
 22. GILMAN, M B, 1996. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. February 1996. Vol. 21, no. 2, pp. 73–79. DOI 10.2165/00007256-199621020-00001.

23. GRIFFIN, Victoria C., EVERETT, Tony and HORSLEY, Ian G., 2015. A comparison of hip adduction to abduction strength ratios, in the dominant and non-dominant limb, of elite academy football players. *Journal of Biomedical Engineering and Informatics*. 2015. Vol. 2, no. 1, pp. 109. DOI 10.5430/jbei.v2n1p109.
24. IGA, J, GEORGE, K, LEES, A and REILLY, T, 2009. Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. October 2009. Vol. 19, no. 5, pp. 714–719. DOI 10.1111/j.1600-0838.2008.00822.x.
25. JIANG, Dongting, LIU, Zijian, LING, Xiaoyu, DAI, Jinjin, LONG, Lijun, LU, Yongren and ZHOU, Shengqing, 2023. Investigating the impact of inter-limb asymmetry in hamstring strength on jump, sprint, and strength performance in young athletes: comparing the role of gross force. *Frontiers in physiology*. 2023. Vol. 14, pp. 1185397. DOI 10.3389/fphys.2023.1185397.
26. KARATRANTOU, Konstantina, GERODIMOS, Vassilis, VOUTSELAS, Vasileios, MANOURAS, Nikolaos, FAMISIS, Konstantinos and IOAKIMIDIS, Panagiotis, 2019. Can sport-specific training affect vertical jumping ability during puberty? *Biology of sport*. September 2019. Vol. 36, no. 3, pp. 217–224. DOI 10.5114/biol sport.2019.85455.
27. KOMI, P V and BOSCO, C, 1978. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and science in sports*. 1978. Vol. 10, no. 4, pp. 261–265.
28. KRIŽAJ, Jožef, RAUTER, Samo, VODIČAR, Janez, HADŽIĆ, Vedran and ŠIMENKO, Jožef, 2019. Predictors of vertical jumping capacity in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*. 2019. Vol. 27, no. 1, pp. 9–14. DOI 10.3233/IES-182138.
29. LEE, M. J., REID, S. L., ELLIOT, B. C., & LLOYD, D. G. (2009). Running biomechanics and lower limb strength associated with prior hamstring injury. *Med Sci Sports Exerc*, 41(10), 1942-1951.
30. MARSHALL, Brendan Michael and MORAN, Kieran Andrew, 2013. Which drop jump technique is most effective at enhancing countermovement jump ability, “countermovement” drop jump or “bounce” drop jump? *Journal of sports sciences*. 2013. Vol. 31, no. 12, pp. 1368–1374.

DOI 10.1080/02640414.2013.789921.

31. MCINNES, S E, CARLSON, J S, JONES, C J and MCKENNA, M J, 1995. The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of sports sciences*. October 1995. Vol. 13, no. 5, pp. 387–397.
DOI 10.1080/02640419508732254.
32. METAXAS, Thomas I., 2021. Match Running Performance of Elite Soccer Players: $\dot{V}O_{2max}$ and Players Position Influences. *Journal of strength and conditioning research*. 2021. Vol. 35, no. 1, pp. 162–168.
DOI 10.1519/JSC.0000000000002646.
33. METAXAS, Thomas I, KOUTLIANOS, Nikos, SENDELIDES, Thomas and MANDROUKAS, Athanasios, 2009. Preseason Physiological Profile of Soccer and Basketball Players in Different Divisions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Online. 2009. Vol. 23, no. 6. Retrieved from:
https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2009/09000/preseason_physiological_profile_of_soccer_and.12.aspx
34. NISHIOKA, Takuya and OKADA, Junichi, 2022. Associations of maximum and reactive strength indicators with force-velocity profiles obtained from squat jump and countermovement jump. *PloS one*. 2022. Vol. 17, no. 10, pp. e0276681. DOI 10.1371/journal.pone.0276681.
35. POMOHACI, Marcel and SOPA, Ioan Sabin, 2021. Study Regarding the Development of Jumping Ability in Basketball Game. *Land Forces Academy Review*. 2021. Vol. 26, no. 3, pp. 198–208. DOI 10.2478/raft-2021-0027.
36. RAMPININI, E, BISHOP, D, MARCORA, S M, FERRARI BRAVO, D, SASSI, R and IMPELLIZZERI, F M, 2007. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International journal of sports medicine*. March 2007. Vol. 28, no. 3, pp. 228–235. DOI 10.1055/s-2006-924340.
37. RAUNEST, J, SAGER, M and BÜRGENER, E, 1996. Proprioceptive mechanisms in the cruciate ligaments: an electromyographic study on reflex activity in the thigh muscles. *The Journal of trauma*. September 1996. Vol. 41, no. 3, pp. 488–493. DOI 10.1097/00005373-199609000-00017.
38. REILLY, Thomas, 1976. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. In: Online. 1976. Retrieved from:

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:210568281>

39. RODRÍGUEZ-ROSELL, David, MORA-CUSTODIO, Ricardo, FRANCO-MÁRQUEZ, Felipe, YÁÑEZ-GARCÍA, Juan M and GONZÁLEZ-BADILLO, Juan J, 2017. Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *Journal of strength and conditioning research*. January 2017. Vol. 31, no. 1, pp. 196–206. DOI 10.1519/JSC.0000000000001476.
40. SCHUERMANS, Joke, VAN TIGGELEN, Damien, DANNEELS, Lieven and WITVROUW, Erik, 2014. Biceps femoris and semitendinosus - Teammates or competitors? New insights into hamstring injury mechanisms in male football players: A muscle functional MRI study. *British Journal of Sports Medicine*. 2014. Vol. 48, no. 22, pp. 1599–1606. DOI 10.1136/bjsports-2014-094017.
41. SILVA, João R., NASSIS, George P. and REBELO, Antonio, 2015. Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine - Open*. Online. 2015. Vol. 1, no. 1. DOI 10.1186/s40798-015-0006-z.
42. SINGH, Kriti, SATISH, Soni and KUMAR, Nanda, 2017. The Relationship between Vertical Jump Performance and Peak Torque of Lower Limb Muscles among Basketball Players. *International Journal of Health Sciences & Research (www.ijhsr.org)*. Online. 2017. Vol. 7, no. July, pp. 117. Retrieved from: www.ijhsr.org
43. ŚLIWOWSKI, Robert, GRYGOROWICZ, Monika, HOJSZYK, Radosław and JADCZAK, Łukasz, 2017. The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12, no. 7, pp. 1–13. DOI 10.1371/journal.pone.0182177.
44. SPENCER, Matt, BISHOP, David, DAWSON, Brian and GOODMAN, Carmel, 2005. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 2005. Vol. 35, no. 12, pp. 1025–1044. DOI 10.2165/00007256-200535120-00003.
45. SUCHOMEL, Timothy J., NIMPHIUS, Sophia and STONE, Michael H., 2016. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*. 2016. Vol. 46, no. 10, pp. 1419–1449. DOI 10.1007/s40279-016-0486-0.
46. TAYLOR, Jeffrey B, WRIGHT, Alexis A, DISCHIAVI, Steven L,

- TOWNSEND, M Allison and MARMON, Adam R, 2017. Activity Demands During Multi-Directional Team Sports: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. December 2017. Vol. 47, no. 12, pp. 2533–2551. DOI 10.1007/s40279-017-0772-5.
47. UMBERGER, Brian R, 1998. Mechanics of the Vertical Jump and Two-Joint Muscles: Implications for Training. *Strength & Conditioning Journal*. Online. 1998. Vol. 20, no. 5. Retrieved from: https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/1998/10000/mechanics_of_the_vertical_jump_and_two_joint.11.aspx
48. VANEZIS, Athanasios and LEES, Adrian, 2005. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics*. Online. 15 September 2005. Vol. 48, no. 11–14, pp. 1594–1603. DOI 10.1080/00140130500101262.
49. VAQUERA JIMÉNEZ, Alejandro, 2008. Heart rate response to game-play in professional basketball players. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2008. Vol. 3, no. 1, pp. 1–9. DOI 10.4100/jhse.2008.31.01.
50. VÁZQUEZ-GUERRERO, Jairo, SUAREZ-ARRONES, Luis, CASAMICHANA, David and RODAS, Gil, 2018. Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*. 2018. Vol. 50. DOI 10.26582/k.50.2.11.
51. WEBER, Fernanda Seganfredo, SILVA, Bruna Gonçalves Cordeiro da, RADAELLI, Régis, PAIVA, Cláudio and PINTO, Ronei Silveira, 2010. Avaliação Isocinética em Jogadores de Futebol Profissional e Comparação do Desempenho Entre as Diferentes Posições Ocupadas no Campo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Online. July 2010. Vol. 16, no. Rev Bras Med Esporte, 2010 16(4). DOI 10.1590/S1517-86922010000400006.
52. Williams, D. B., Cole, J. H., & Powell, D. W. (2017). Lower extremity joint work during acceleration, deceleration, and steady state running. *Journal of applied biomechanics*, 33(1), 56-63.
53. WISLØFF, U, CASTAGNA, C, HELGERUD, J, JONES, R and HOFF, J, 2004. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*. Online. 1 June 2004. Vol. 38, no. 3, pp. 285 LP – 288.

DOI 10.1136/bjism.2002.002071.

54. ZAKAS, A., MANDROUKAS, K., VAMVAKOUDIS, E., CHRISTOULAS, K. and AGGELOPOULOU, N., 1995. Peak torque of quadriceps and hamstring muscles in basketball and soccer players of different divisions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1995. Vol. 35, no. 3, pp. 199–205.
55. ZAHRADNÍK, D., KORVAS, P. *Základy sportovního tréninku*. Brno: Masarykova univerzita, 2012. ISBN 978-80-210-5890-3

Internetové zdroje:

1. Blog – VALD Performance | Human Measurement Technologies. VALD Performance | Human Measurement Technologies [online] [cit. 15.03.2023]. Dostupné z: <https://valdperformance.com/blog/>
2. FIBA Pravidla Basketbalu – Fiba Central Board [online] Official Basketball Rules 2022 Copyright ©FIBA, Česká basketbalová federace, Zátopkova 100/2, Praha 6 [cit. 12-12-2023]. Dostupné z: https://cz.basketball/upload/docs/1693559409_Pravidla%202022_v1.2_Y.pdf
3. FIFA Post Match Summary Reports – FIFA Training Centre [online] Zurich Switzerland [cit. 08-02-2023]. Dostupné z: <https://www.fifatrainingcentre.com/en/fwc2022/post-match-summaries/post-match-summary-reports.php?fbclid=IwAR2nFE2ltUmDRkw5H7KMM8CWmln3XPTvgLsr11FPJ8XOnIFmyCDJ13uVjh8>
4. MUNI, Informační systém [online]. Brno [cit. 15.03.2023]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1451/podzim2012/bk1156/um/36495457/Protokol_c3.pdf
5. NBA Video Status | Stats | NBA.com. The official site of the NBA for the latest NBA Scores, Stats & News. | NBA.com [online]. Copyright © [cit. 08-02-2023]. Dostupné z: <https://www.nba.com/stats/help/videostatus/02/07/2023>
6. NOVOTNÝ et al., Kapitoly sportovní medicíny | Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, 2009. Brno [cit. 08-02-2023]. Informační systém [online]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/kapitolysportmed/pages/18-11-zatezove-testy.html>
7. Silová deska Kistler (Medtec, Itálie) - Fakulta tělesné výchovy a sportu. [online]. Copyright © 2023 Fakulta tělesné výchovy a sportu [cit. 05.06.2023]. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1049.html>
8. UPOL. Izokinetická dynamometrie. [online]. Olomouc [cit. 08-02-2023]. Dostupné z: <http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php/polokamenu-3/o-metod>

Seznam obrázků

Obr. 1 Taxonomie pohybových schopností (Měkota, Novosad, 2005)

Obr. 2 Rozdílnost hodnot basketbalistů a fotbalistů v maximální rychlosti točivého momentu v 60°.s (Erdemir 2013)

Obr. 3 Křivka charakteristického silového projevu hráče basketbalu vs hráče fotbalu (Chalitsios et al. 2019)

Obr. 4 Průměrné hodnoty naběhané celkové vzdálenosti hráčů (Metaxas 2021)

Obr. 5 Průměrná SF u hráčů basketbalu (Vaquera Jiménez 2008)

Seznam tabulek

Tab. 1 Průměrné výšky výskoku s protipohybem testovaných jednotlivců (Rodríguez-Rosell et al. 2017)

Tab. 2 Průměrné hodnoty LA, SF a RPE 36 hráčů juniorské týmu Ankara, Turecké Ligy (Aslan et al. 2012)

Tab. 3. Průměrné hodnoty naběhaných vzdáleností z české florbalové superligy (Hejný 2023)

Tab. 4 Maximální dosažené hodnoty SF hráčů v průběhu jednotlivých čtvrtin utkání.

Tab. 5 Průměrné hodnoty získané v rámci studií, zabývající se externím a interním zatížením hráčů basketbalu, fotbalu a florbalu. (McInnes et al. 1995)

Tab. 6 Skupina - basketbal kategorie U19, soutěž extraliga ČR

Tab. 7 Skupina - fotbal, kategorie U19, 1. celostátní liga dorostu

Tab. 8 Skupina florbal, kategorie U19, CE Liga

Tab. 9 Výsledky izokinetické síly na Cybex Human Norm při úhlové rychlosti 60°/s (Q* quadriceps, H* hamstring)

Tab. 10 Výsledky izokinetické síly na Cybex Human Norm při úhlové rychlosti 300°/s

Tab. 11 Výsledky vertikálních výskoků testovaných skupin v testu CMJ bez dopomoci paží

Tab. 12 Výsledky testovaných skupin v testu vertikálního výskoku z podřepu

Přílohy

Příloha 1 Vyjádření etické komise UK FTVS 1

Příloha 2 Vyjádření etické komise UK FTVS 2

Příloha 3 Informovaný souhlas 1

Příloha 4 Informovaný souhlas 2

Příloha 1 Vyjádření etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Objektivizace a komparace silových charakteristik dolních končetin u vybraných sportů

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: leden 2023 - května 2023 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Předkladatel: Tereza Fišerová, Bc, UK FTVS LSM

Hlavní řešitel: Tereza Fišerová, Bc, UK FTVS LSM

Místo výzkumu (pracoviště): Laboratoř sportovní motoriky UK FTVS

Vedoucí práce (v případě studentské práce): doc. PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D. UK FTVS, LSM

Finanční podpora:

Popis projektu: Cílem projektu je zjistit rozdíly svalové síly a silových asymetrií u 3 různých sportů, a to u basketbalu, florbalu a fotbalu v kategorii U19. Testování budou dorostenci mladší 19ti let, kteří budou podrobeni sběru izokinetických dat síly flexe a extenze kolenního kloubu na izokinetickém dynamometru CYBEX Humac Norm (Cybex NORM®, Humac, CA, USA) a sběru izometrických parametrů addukce a abdukce kyčelního kloubu na přístroji ForceFrame™ VALD (Performance, Australia). Metoda bude experimentální. Testy budou realizovány v laboratoři sportovní motoriky na UK FTVS. Kontakty na probandy jsou zprostředkované jednotlivými kluby.

Charakteristika účastníků výzkumu: 45 sportovců mladších 16 – 19 let. s platnou lékařskou prohlídkou od sportovního lékaře. Probandi budou seznámeni s průběhem testu, většina bude mít předchozí zkušenost s jednotlivými testy a budou seznámeni, jak bezpečně testy provádět. PhDr. Mikuláš Hank, PhD. a Bc. Fišerová Tereza budou vybírat probandy. Do projektu nemůže být zařazen proband, který bude mít zranění, akutní zejména infekční onemocnění nebo proband s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

Zajištění bezpečnosti: Riziko testu CYBEX A VALD je riziko zranění při nesprávném nastavení segmentů těla a nedostatečném rozcvičení. Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek proškolenými pracovníky laboratoře dle instrukcí výrobce zaškolenu obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Dohled během testu bude zajišťovat PhDr. Mikuláš Hank, PhD. a Bc. Fišerová Tereza. Budou zajištěné adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Etické aspekty výzkumu: Výzkum zahrnuje vulnerabilní skupinu nezletilých osob, protože jsou zatím především ve velkém rozsahu dělány výzkumy jen u starších věkových skupin, ale obdobné silové tréninky probíhají běžně již v mladších kategoriích. Proto je i v mém zájmu se ve výzkumu zaměřit na možné dysbalance u mladších sportovců kategorií U19, kde silově kondiční tréninky pravidelně probíhají. Stejně tak jsou testování totožnými testy jako mužské kategorie.

Potenciální střet zájmů: Výzkum není prováděn pro žádnou instituci či organizaci. Nejsem v pracovním (ani rodinném) vztahu k žádnému účastníkovi výzkumu. Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu výzkumu. Nemám soukromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu. Vedoucí práce bude dohlížet nad korektností a nestranností posuzování výsledků výzkumu mou osobou. Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ohrozit integritu a důvěryhodnost výzkumu.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje, věk, pohlaví, zdravotní stav (lékařská zátěžová prohlídka), které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít PhDr. Mikuláš Hank, PhD. a Bc. Tereza Fišerová. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována.

Příloha 2 Vyjádření etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Požizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků:

Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, audionahrávky ani videozáznamy.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu (IS): přiložen zjednodušený IS ve formě úvodu k dotazníku přiložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně. Potvrzují, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 10.1.2023

Podpis předkladatele:

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martinková, Ph.D.

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem:

dne:

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.

razítko UK FTVS

.....
podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha 3 Informovaný souhlas k žádosti 220/2022 1

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 220/2022

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s účastí Vašeho dítěte ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem zjišťování srdeční frekvence po zatížení prováděné na Fakultě tělesné výchovy a sportu v laboratoři sportovní motoriky.

Období realizace: leden 2023 - května 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR

Cílem projektu je zjistit rozdíly svalové síly a silových asymetrií u dolních končetin.

Jedná se o neinvazivní metodu výzkumu.

Budete se účastnit izokinetického silového testu na dynamometru CYBEX Humac Norm (Cybex NORM®, Humac, CA, USA), kde budete předkopávat v sedě.

Doba vyšetření se bude pohybovat okolo 30 minut.

Nejdříve se řádně rozvičíte na ergometru.

Riziko testu – Izokinetický dynamometr CYBEX měřící sílu flexe a extenze kolene, a VALD izometrický dynamometr, měřící sílu abdukce a addukce kyčelních kloubů, obnáší riziko zranění při nesprávném nastavení segmentů těla a nedostatečném rozvičení. Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek proškolenými pracovníky laboratoře dle instrukcí výrobce zaškolenou obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Dohled během testu bude zajišťovat PhDr. Mikuláš Hank, PhD. a Bc. Fišerová Tereza.

Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Do projektu nemůže být zařazen proband, který bude mít zranění, akutní zejména infekční onemocnění nebo proband s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

Výzkum zahrnuje vulnerabilní skupinu nezletilých osob, protože jsou zatím především ve velkém rozsahu dělány výzkumy jen u starších věkových skupin, ale obdobné silové tréninky probíhají běžně již v mladších kategoriích. Proto je i v mém zájmu se ve výzkumu zaměřit na možné dysbalance u mladších sportovců kategorií U19, kde silově kondiční tréninky pravidelně probíhají. Stejně tak jsou testování totožnými testy jako mužské kategorie.

Účast vašeho dítěte v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci v studentském informačním systému (SIS), nebo na e-mail adrese: fiserovateraza88@gmail.com

Příloha 4 Informovaný souhlas k žádosti 220/2023

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje, věk, pohlaví, zdravotní stav (lékařská zátěžová prohlídka), které budou bezpečně uchovány na heslem zabezpečeném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít PhDr. Mikuláš Hank, PhD., a Bc. Tereza Fišerová. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Během výzkumu nebudou pořizovány fotografie, audionahrávky ani videozáznam.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Tereza Fišerová, Bc,

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Tereza Fišerová, Bc, Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mé dítě má platnou zdravotní prohlídku bez omezení způsobilosti k vybraným sportovním aktivitám.** Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Jméno a příjmení zákonného zástupce

Vztah zákonného zástupce k účastníkovi Podpis: