

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

Laboratoř sportovní motoriky

**Silová asymetrie a vztahy horních končetin a trupu  
u mladých elitních hráčů fotbalu**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce:

**PhDr. Mikuláš Hank, Ph.D**

Konzultant diplomové práce:

**doc. PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.**

Vypracovala:

**Bc. Linda Haisová**

**Praha**

**2023**

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

V Praze, dne .....

Podpis .....

## 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**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce PhDr. Mikuláši Hankovi, Ph.D. za jeho ochotu, trpělivost, cenné rady a odborné vedení při psaní diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala všem zaměstnancům Laboratoře sportovní motoriky UK FTVS, kteří mi umožnili přístup do laboratoře, testování a sběr dat. Poděkování patří také hráčům, kteří byli ochotni zúčastnit se testování.

## Abstrakt

Cílem diplomové práce bylo zjistit úroveň silové asymetrie horních končetin mezi dominantní a nedominantní stranou a silou rotace trupu u mladých hráčů fotbalu, následně pak provést komparaci tohoto vztahu vzhledem k silovému výkonu. Výzkumný soubor tvořilo 18 mladých hráčů věkové kategorie U17, kteří se fotbalu věnují na elitní úrovni. Hráči se zúčastnili testování velikosti izometrické síly horní končetiny a trupu. Sběr dat izometrických parametrů síly stisku horních končetin (Handgrip) byl realizován pomocí digitálního ručního dynamometru (Takei, A5401, Japonsko). K testování síly trupu v rotaci byl použit izokinetický dynamometr Humac Norm Cybex (CSMi, Humac Norm, USA) v izometrickém módu. Výsledky hodnot síly rotace trupu ve prospěch dominantní strany dosahovaly průměrně  $19,83 \pm 3,47$  kg. U nedominantní strany dosahovali hráči průměrných výsledků  $19,17 \pm 3,33$  kg. Výsledky T-testu ukázaly, že dominantní strana těla dosáhla signifikantně vyššího výsledku v absolutní síle rotace trupu s hodnotou  $p = 0,035$ , také v relativní síle s hodnotou  $p = 0,032$ . Při Handgripu byla zjištěna hodnota průměrného výsledku na dominantní straně  $41,76 \pm 8,63$  kg. Nedominantní strana dosahovala průměrně hodnoty síly stisku  $39,68 \pm 5,79$  kg. Výsledky T-testu ukázaly, že dominantní strana těla dosáhla signifikantně vyššího výsledku v relativní síle Handgripu s hodnotou  $p = 0,049$ , ale nesignifikantní rozdíl v absolutní síle s hodnotou  $p = 0,059$ . Na základě dosažené hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu 0,71 můžeme hodnotu mezi absolutní silou rotace trupu a Handgripem označit jako silný kladný vztah. Pravidelným testováním bilaterální asymetrie různých parametrů silových schopností můžeme cílit na včasné odhalení její zvýšené míry ( $>10\%$ ), která může vznikat jako výsledek pohybového stereotypu daného sportu. Prostřednictvím optimálně zvolených kompenzačních cvičení můžeme pozitivně působit na míru silové asymetrie a snižovat tak riziko potencionálního zranění. Získané údaje o bilaterálních asymetriích horních končetin a trupu a jejich vzájemném vztahu mohou využít trenéři a ostatní výzkumníci pro hodnocení výkonu hráčů ve snaze pozitivně zvyšovat jeho úroveň.

**Klíčová slova:** sportovní hry, izometrická síla, laboratorní testování, mládež–kategorie U16, profesionální sport

## Abstract

This diploma thesis aimed to evaluate the level of upper limb strength asymmetry between the dominant and non-dominant side and trunk rotation strength in young soccer players, then to compare this relationship with respect to strength performance. The research population consisted of 18 young players in the U17 age group who play soccer at an elite level. Players participated in isometric upper extremity and trunk strength testing. Data collection of isometric upper limb grip strength (Handgrip) parameters was performed using a digital handheld dynamometer (Takei, A5401, Japan). A Humac Norm Cybex isokinetic dynamometer (CSMi, Humac Norm, USA) in isometric mode was used to test trunk strength in rotation. The results of the trunk rotation force values in favor of the dominant side averaged  $19.83 \pm 3.47$  kg. For the non-dominant side, players achieved average results of  $19.17 \pm 3.33$  kg. The T-test results showed that the dominant side of the body achieved significantly higher results in absolute trunk rotation strength with a value of  $p = 0.035$ , also in relative strength with a value of  $p = 0.032$ . In the Handgrip, the average result value on the dominant side was found to be  $41.76 \pm 8.63$  kg. The non-dominant side achieved a mean grip strength value of  $39.68 \pm 5.79$  kg. The results of the t-test showed that the body's dominant side achieved a significantly higher result in relative Handgrip strength with a p-value of  $p = 0.049$ , but a non-significant difference in absolute strength with a p-value of  $p = 0.059$ . Based on the Pearson's correlation coefficient value of 0.71, we can describe the value between the absolute force of trunk rotation and Handgrip as a strong positive relationship. By regularly testing the bilateral asymmetry of different strength parameters, we can aim at early detection of its elevated level ( $>10\%$ ), which may arise as a result of the movement stereotype of the sport. We may positively influence the degree of strength asymmetry through optimally selected compensatory exercises and thus reduce the risk of potential injury. The data collected on bilateral upper limb and trunk asymmetries and their interrelationship may be used by coaches and other researchers to constitute positive impact on player performance.

**Key words:** sports games, isometric strength, laboratory testing, youth–category U16, professional sport

# Obsah

1. Úvod .....	10
2. Stav současného poznání .....	11
2.1 Silové schopnosti v rámci motoriky člověka .....	11
2.1.1 Druhy silových schopností.....	12
2.2 Svalový komplex.....	14
2.2.1 Kosterní sval .....	14
2.2.2 Svalová kontrakce .....	15
2.2.3 Druhy svalových kontrakcí .....	17
2.2.4 Nervosvalová koordinace .....	18
2.2.5 Klasifikace svalových akcí .....	19
2.2.6 Faktory limitující úroveň silových schopností.....	20
2.3 Silové asymetrie .....	22
2.3.1 Druhy silových asymetrií.....	23
2.4 Aktuální přístupy v analýze silových schopností.....	25
2.4.1 Laboratorní testování .....	25
2.4.2 Terénní testování .....	26
2.4.3 Otevřený kinetický řetězec .....	26
2.4.4 Zavřený kinetický řetězec .....	26
2.4.5 Statické testy silových schopností .....	27
2.4.6 Dynamické testy silových schopností.....	27
2.5 Silové schopnosti z hlediska pohybového výkonu ve fotbale.....	28
2.5.1 Silové schopnosti z hlediska prevence zranění ve fotbale.....	30
2.5.2 Silové schopnosti trupu z hlediska pohybu hráče ve fotbale .....	33
2.5.3 Silové schopnosti horních končetin z hlediska pohybu hráče ve fotbalu .	36
2.5.4 Serape efekt.....	38
3. Cíle, hypotézy, úkoly práce .....	40
3.1 Cíle práce .....	40
3.2 Hypotézy práce.....	40
3.3 Úkoly práce .....	40
4. Metody práce .....	41
4.1 Organizace výzkumu.....	41
4.2 Probandi .....	42
4.3 Dynamometrie síly trupu.....	43

4.4	Dynamometrie síly horních končetin .....	44
4.5	Statistické zpracování dat.....	44
5.	Výsledky práce .....	45
5.1	Výsledky hodnot absolutní i relativní síly rotace trupu .....	45
5.2	Výsledky síly Handgripu.....	47
5.3	Vztah síly horních končetin a rotací trupu .....	50
6.	Diskuze práce .....	51
6.1	Praktické doporučení práce .....	53
7.	Závěr práce .....	55



## Seznam použitých zkratek a symbolů

- HSSP – hluboký stabilizační systém
- CNS – centrální nervová soustava
- HK – horní končetina
- DK – dolní končetina
- m – musculus
- mm. – musculi
- m – metr
- s – sekunda
- h – hodina
- m/s – metr za sekundu
- km/h – kilometr za hodinu
- RM – repetition max
- OM – opakovací maximum
- ATP – adenosintrifosfát
- ADP – adenosindifosfát
- APS – anterior a posterior serape

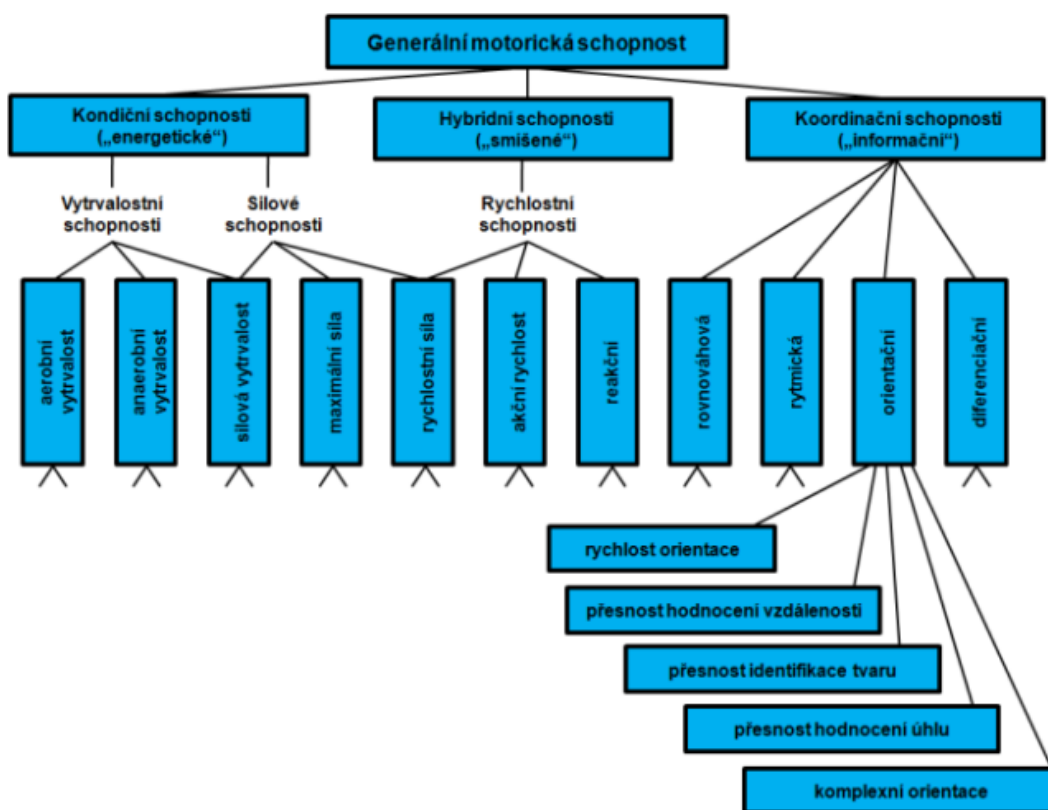
# 1. Úvod

Síla je jedním ze základních komponentů, které tvoří pohybový výkon hráče a její úroveň ovlivňuje i úroveň dalších motorických schopností. Vysoké nároky na produkci síly jsou kladeny zejména v průběhu sprintu, rychlých změn směru, akcelerace či decelerace. Silovou kapacitou je podmíněna výška výskoku, síla kopu, ale i úspěšnost hráče v kontaktních soubojích. Pro tyto vysoce intenzivní činnosti, které se v průběhu utkání opakují v krátkých intervalech, je rychlá produkce optimální úrovně síly fundamentální. Riziko zranění má ve fotbalu signifikantní spojitost se silovými asymetriemi, které mohou vzniknout jako důsledek asymetrického zatížení a odvíjí se i od hráčského postu. Optimální silovou připraveností hráče se snažíme snižovat tyto silové deficity a předcházet možnému riziku zranění, resp. sníženému výkonu. Rozvoj a kompenzace silových schopností by měly být nedílnou součástí tréninkové periodizace v mládežnických kategoriích, a to primárně proto, že jsou hráči v období růstu a dospívání náchylnější ke vzniku silových asymetrií. Optimálně nastaveným silovým tréninkem můžeme pozitivně působit na ontogenetický vývoj, preventivně předcházet zranění a budovat silovou kapacitu pro potenciální sportovní výkon mladých hráčů. Přestože jsou pro pohybový výkon dominantní dolní končetiny, silová kapacita by měla být budována komplexně. Trup hráče je významným převodníkem sil mezi horní a dolní polovinou těla. Jeho silová připravenost má značný vliv na produkci síly v průběhu rychlých změn rychlosti, směru i polohy těla. Zároveň zabezpečuje absorpci vnějších sil při kontaktu s jiným hráčem. Na celkové koordinaci těla se podílí práce horních končetin a jejich silová úroveň se tak zejména při sprintu promítá do celkového pohybového výkonu hráče. Pro brankáře a hráče v krajních pozicích je silově dynamická schopnost paží při vhadzování stěžejní. Také během kontaktních soubojů pomáhá síla trupu a horních končetin absorbovat nárazy a odolávat externímu odporu těla soupeře. Problematikou silových asymetrií v rámci fotbalu se zabývalo již několik studií. Převážně však byly zaměřeny na asymetrie dolních končetin, které jsou, na rozdíl od trupu či horních končetin, pravidelně laboratorně testovány. Častým předmětem studií bylo i využití silové kapacity trupu s ohledem na výkon ve fotbale. Méně časté jsou však studie, které se zabývaly silovou asymetrií trupu v souvislosti s rotací. Největší nedostatky lze vidět v tom, že důležitosti horních končetin z hlediska síly pro fotbalový výkon není v publikacích věnována téměř žádná pozornost. Proto bylo cílem této práce zjistit úroveň silové asymetrie mezi dominantní a nedominantní horní končetinou a silou rotace trupu, následně pak zjistit vztah mezi silovým výkonem Handgripu a rotace trupu. Předpokládáme, že z části asymetrický pohybový stereotyp ve fotbale bude signifikantně ovlivňovat silovou asymetrii v prospěch dominantní strany těla. Sekundárně pak předpokládáme pozitivní vztah mezi silou horních končetin a trupu.

## 2. Stav současného poznání

### 2.1 Silové schopnosti v rámci motoriky člověka

Lidskou motoriku definuje Dovalil (2009) jako hybnost a souhrn všech tělesných pohybů a projevů člověka. V návaznosti na motoriku můžeme pojednávat o motorických schopnostech, které Čelikovský (1990) popisuje jako soubor vnitřních relativně samostatných předpokladů k úspěšnému splnění pohybového úkolu. Dle Měkoty a Novosady (2005) motorické schopnosti svým způsobem určují pomyslnou hranici, kterou nelze překročit a limitují tak výkonové možnosti jedince. Základní rozdělení motorických schopností, které můžeme vidět na Obrázku 1, uvádí Dovalil (2009) na kondiční a koordinační. Měkota a Novosad (2005) přidávají složku hybridní (smíšenou). Kondiční motorické schopnosti, kam patří silové, vytrvalostní a z části rychlostní schopnosti, jsou výrazně podmíněny metabolickými procesy. Koordinační schopnosti, kam řadíme obratnostní a rovnovážné schopnosti, jsou spojeny s procesy řízení a regulace pohybu (Perič, Dovalil, 2010).



Obrázek 1: Hierarchické uspořádání motorických schopností (Měkota a Novosad, 2005)

Fundamentální složkou zmiňovaných motorických schopností a jejich „kondiční“ složky jsou silové schopnosti. Perič a Dovalil (2010) je popisují jako: „*schopnost překonávat či udržovat vnější odpor svalovou kontrakcí.*“. Čelikovský (1990) zmiňuje jejich důležitost jako „*základní a rozhodující schopnosti jedince, bez kterých se nemohou ostatní schopnosti při motorické činnosti vůbec projevit.*“ Charakteristika síly v rámci pohybových schopností je dle Měkoty a Novosady (2005) následující: „*Síla, jako pohybová schopnost jedince, je souhrnem vnitřních předpokladů pro vyvinutí síly ve smyslu fyzikálním, je spjata s činností svalů (velikostí svalového stahu), kterou lze označit jako svalovou sílu.*“

### **2.1.1 Druhy silových schopností**

Dovalil (2009) rozděluje a charakterizuje silové schopnosti dle velikosti odporu následovně:

#### **A. Vytrvalostní síla**

Vytrvalostní síla, během které sval překonává nemaximální odpor, se uplatňuje při pohybových činnostech delšího charakteru a bez výrazné snížení její úrovně. Je využívána při dynamických i statických svalových činnostech.

#### **B. Maximální síla**

Jedná se o produkci největší síly, kterou se sval nebo svalová skupina vyprodukuje při pohybovém úkolu za jedno opakovací maximum během koncentrické, excentrické nebo statické kontrakce. Během tohoto typu síly jsou překonávány vysoké až hraniční vnější odpory. Výkon maximální síly se označuje jedno opakovací maximum (1 OM); neboli v anglickém jazyku „*one repetition maximum*“ (1 RM). Maximální síla určuje potenciál pro další druhy síly (Petr a Šťastný, 2013).

#### **C. Rychlostní síla**

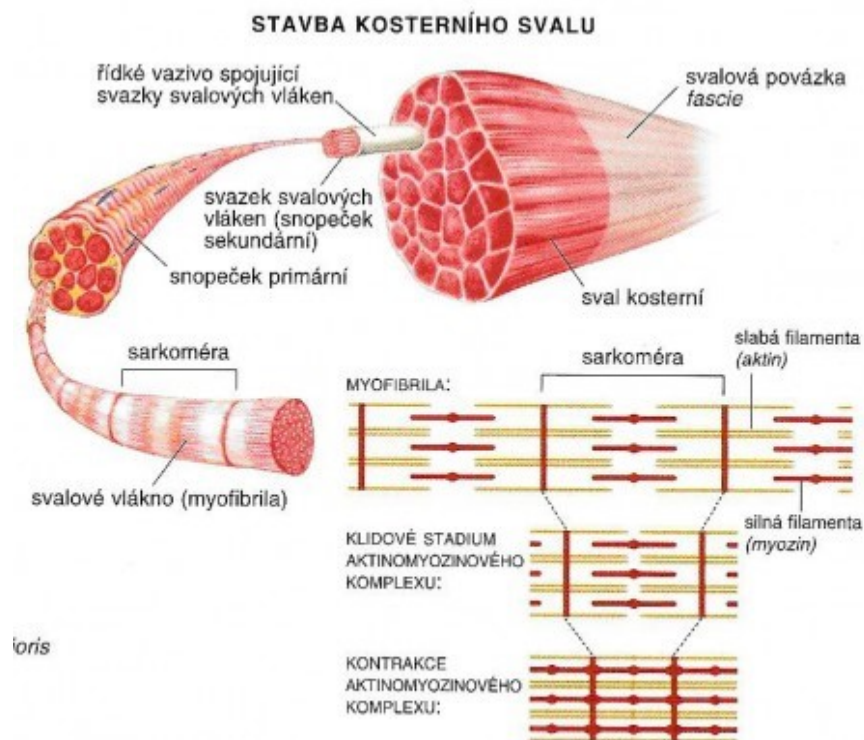
Rychlostní síla se vyznačuje rychlou změnou polohy těla nebo předmětu. Jedná se o schopnost dosažení nejvyšší hodnoty síly v co nejkratším čase. Obecně platí, že by se velikost rychlosti měla pohybovat nad hodnotou 1,5 m/s (Stoppani, 2006; Lehnert et al., 2010). Přejít mezi rychlostní a maximální silou označuje Dovalil a Choutka (2012) termínem „*explozivní síla*“, pro kterou je charakteristické překonávání nemaximálního odporu vysokou až maximální rychlostí. Jedná se o produkci maximální síly v minimálním čase, která může vzniknout pouze při koncentrické svalové kontrakci.

V anglické literatuře se setkáváme mimo termínu „*explosive strength*“ také s termínem „*power*“. Pro sportovní činnosti cyklického i acyklického charakteru uvádí Siff (2004) explozivní sílu jako zcela zásadní. Limitující faktory jsou zejména zastoupení rychlých svalových vláken ve svalech zajišťujících pohyb, intramuskulární a intermuskulární koordinace a se stoupající velikostí odporu i maximální síla. Jako další druhy silových schopností uvádí Stoppani (2006) a Lehnert et al. (2010) sílu startovní a akcelerační. Startovní síla se uplatňuje zejména v počátečních fázích pohybu, kdy umožňuje produkci vysokého výkonu silového impulsu. Prostřednictvím akcelerační síly, která navazuje na sílu startovní, dochází k maximálnímu zrychlení výkonu v průběhu větší části pohybu.

## 2.2 Svalový komplex

### 2.2.1 Kosterní sval

Základní funkční složkou pohybového systému jsou kosterní svaly, které jsou tvořeny příčně pruhovanou svalovinou. Na povrchu se nachází krytí v podobě pevné vazivové povázky a pomocí vazivových šlach, ve kterých sval plynule přechází na obou koncích, se upíná ke kosti. Charakteristickou funkční vlastností této tkáně je schopnost kontrakce a relaxace. Základní jednotkou je svalové vlákno, jehož povrch je tvořen cytoplazmatickou membránou – sarkolemou. Ve vnitřní sarkoplazmě se nachází zásoby iontů potřebných k uskutečnění svalové kontrakce. Součástí jsou také podélně orientovaná vlákna – myofibrily. Myofibrily jsou sestaveny do sarkomer oddělených Z-liniemi (Obrázek 2). Sarkomera je základní kontraktilní jednotka svalu složená z kontraktilních bílkovin aktinu, které tvoří světlý proužek, a myozinu, které tvoří tmavý proužek. Proto se jejich vzájemné uspořádání jeví jako pruhovaná struktura. Vzájemné zasouvání aktinu a myozinu je podstatou zmíněné svalové kontrakce (Čihák, 2011; Dylevský, 2009). Další faktory, na kterých z biologického hlediska závisí samotná úroveň silových schopností (Sedláček a Lednický, 2010; Dylevský, 2009):



Obrázek 2: Stavba kosterního svalu

## **A. Průřez kosterních svalů**

Je určen součtem příčných průřezů všemi vlákny konkrétního svalu. I přes genetickou dědičnost ho lze z velké části ovlivnit prostřednictvím silového tréninku. Proto patří silové schopnosti mezi nejvíce ovlivnitelné.

## **B. Typ a počet svalových vláken**

Dylevský (2009) rozlišuje podle anatomické a funkční charakteristiky 3 typy svalových vláken, která se v konkrétních svalech nacházejí v individuálně různém poměru.

### ***Typ I – SO (pomalá oxidativní)***

Jsou to poměrně tenká vlákna s vysokým obsahem myoglobinu, který jim dodává červenou barvu. Vyznačují se velkou oxidační kapacitou a pomalou unavitelností, která se uplatňuje při aktivitách aerobního charakteru s nízkou intenzitou. Svaly s převahou tohoto typu vláken zajišťují posturální funkci těla.

### ***Typ II B – FG (rychlá glykolytická)***

Rychlá glykolytická vlákna jsou objemnější a mají pro nižší počet mitochondrií a myoglobinu bílou barvu. Jsou rychle unavitelná, a proto jsou určena k rychlým a krátkodobým výkonům maximální intenzity.

### ***Typ II A – FOG (rychlá oxidativní glykolytická)***

Tento typ je kombinací dvou předchozích, proto bývají označována jako vlákna přechodná. Vyznačují se střední oxidační kapacitou a vysokou glykolytickou kapacitou, jsou schopná rychlé kontrakce, ale mají středně rychlou unavitelnost. Využívají se při zátěži střední, submaximální intenzity, mohou pracovat v aerobním i anaerobním režimu.

## **2.2.2 Svalová kontrakce**

Volní pohyby jsou řízeny centrální nervovou soustavou (dále jen CNS). Pohyb je iniciován primární motorickou oblastí a veden pyramidovými drahami až do míšního segmentu. Kosterní svaly jsou inervovány nervovými vlákny, které vycházejí z  $\alpha$ -motoneuronů uložených v motorických jádrech předních rohů míšních a které mají za úkol přenášet vzruchy z CNS do samotných svalů. Soubor svalových vláken, které jsou inervované jedním motoneuronem, tvoří motorickou jednotku. Tato jednotka je

základním funkčním i strukturálním prvkem motoriky. Obecně platí, čím méně svalových vláken je inervováno jedním motoneuronem, tím přesnější pohyb může být proveden. Pro pohyby jemné motoriky jsou tedy využívány malé motorické jednotky a pro jednoduché pohyby hrubé motoriky slouží velké motorické jednotky. Motoneurony a jednotlivá svalová vlákna jsou propojeny prostřednictvím nervosvalové ploténky. Pokud nervový vzruch dosáhne určitého stupně stimulace, dojde k vybavení akčního potenciálu, který se šíří dál do svalu.

## **A. Molekulární princip svalové kontrakce**

Akční potenciál přicházející z vyšších nervových center, způsobí otevření  $\text{Ca}^{2+}$  kanálů. Zvýšená koncentrace vápníku v presynaptickém prostoru způsobí přesun vezikul s acetylcholinem, který je následně uvolňován do synaptické štěrbině. Navázáním mediátoru na receptory postsynaptické membrány ploténky dochází k otevření sodných a draselných iontových kanálů, které způsobí depolarizaci membrány. Po dosažení prahové hodnoty vzniká akční potenciál, který se následně šíří svalovým vláknem. Tento impulz způsobí uvolnění vápníku ze sarkoplazmatického retikula. Pokud je sval relaxovaný, je na vazebných místech aktinu umístěn tropomyozin. Uvolnění  $\text{Ca}^{2+}$  iontů ze sarkoplazmatického retikula a jejich následné navázání na troponin C způsobí přestavbu tropomyozinu, který tímto odkryje vazebná místa aktinu. Vytvoření aktino-myozinové vazby se děje za doprovodného štěpení molekuly adenosintrifosfátu (dále jen ATP), která se v těle nachází jako univerzální zdroj energie. Navázáním ATP na hlavičku myozinu dojde k rozpojení této vazby. Myozinová hlavička se tak dostává do neaktivního stavu a do polohy připomínající zahnutou hůl. Následuje hydrolýza ATP na adenosindifosfát (dále jen ADP) a anorganický fosfát, která aktivuje hlavičku myozinu napřímením z původní zahnuté polohy, aby mohlo dojít k opětovnému navázání. Odloučení ADP z myozinové hlavičky způsobí její pohyb zpět do původní polohy a s tím i posunutí myozinového vlákna. Pro opakování celého děje musí dojít k rozpojení aktino-myozinové vazby, ke způsobí opětovné navázání ATP. Ukončení svalové kontrakce probíhá odčerpáním  $\text{Ca}^{2+}$  iontů zpět do sarkoplazmatického retikula a uvolnění iontů z vazebných míst troponinu C. Aktin a myozin se od sebe oddalují, neboť se tropomyozin dostává původní pozice, kdy kryje vazebná místa aktinu (Mourek, 2012; Kohlíková, 2004; Dylevský, 2009; Rokyta, 2015; Brenner, 1987).



### **2.2.3 Druhy svalových kontrakcí**

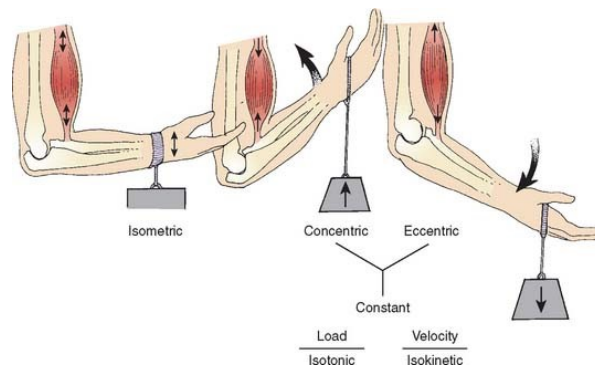
Dylevský (2009) rozděluje svalové kontrakce na základě charakteristiky vnější zátěže, směru pohybu a rozsahu kontrakce (Obrázek 3). Konkrétně se jedná o kontrakci izokinetickou (dále dělenou na koncentrickou a excentrickou) a kontrakci izometrickou.

#### **A. Izokinetická kontrakce**

Představuje kontrakci, během které se mění vzdálenost začátku a úponu svalu a probíhá pohyb. Napětí ve svalu zůstává v průběhu stejné nebo se výrazně nemění. Tento typ kontrakce se dále dělí koncentrický a excentrický stah. U koncentrického stahu dochází ke zvednutí zátěže a flexi v kloubu. Sval se tak zkracuje, zvětšuje se objem svalového bříška. Dochází k pozitivní fázi pohybu svalů, kdy svalová síla a pohybující se segment těla mají stejný směr. Tato kontrakce vyvolává akceleraci pohybu. Rychlost, během které se sval zkracuje, se zvyšuje nepřímo úměrně s velikostí odporu pohybu. Pokud se zátěž, proti které sval vykonává kontrakci, přibližuje nule, dosahuje kontrakce maximální rychlosti. Každý sval má svou specifickou rychlost kontrakce, která závisí na typu svalových vláken a dalších faktorech (Hamill et al., 2009). Opakem předchozího typu je excentrická kontrakce. V důsledku spouštění zátěže a extenze v kloubu se začátek a úpon svalu oddalují a sval se prodlužuje a natahuje. Jedná se o negativní fázi pohybu, svaly energii absorbují a výsledná rychlost pohybu je převážně decelerační. U excentrického stahu dochází k opačnému vztahu mezi silou a rychlostí než u koncentrického stahu. Pokud vzrůstá zátěž, zvyšuje se i rychlost kontrakce a roste napětí. K tomuto typu dochází prostřednictvím antagonistických svalů nebo jiné vnější síly a síly tíhové (Hamill et al., 2009; Havlíčková, 1999)

#### **B. Izometrická kontrakce**

V průběhu izometrického stahu se nemění délka svalu a není produkován pohyb. Svalová činnost je zřejmá ve změně vnitřního napětí ve svalu a šlachách. Hamill et. al (2009) dodávají, že výše zmíněné typy svalové kontrakce neprobíhají izolovaně, ale v kombinaci. Izometrické kontrakce obvykle zajišťují stabilizaci částí těla, izokinetické kontrakce slouží k maximalizaci ukládání energie a výkonnosti svalů. Souhra excentrických a koncentrických kontrakcí, která je popisována jako cyklus protažení a zkrácení, představuje přirozený svalový pohyb.



Obrázek 3: Typy svalových kontrakcí (Cervantes, 2022)

## 2.2.4 Nervosvalová koordinace

Schopnost CNS efektivně koordinovat střídání svalového stahu a relaxace se nazývá nervosvalovou koordinací a probíhá na úrovni intramuskulární a intermuskulární.

### A. Intramuskulární koordinace

Intramuskulární neboli vnitrosvalovou koordinaci popisuje Tlapák (2007) jako souhru svalových vláken v rámci jednoho svalu. Podle Lehnera et al., (2010) hrají v intramuskulární koordinaci roli následující mechanismy:

- nábor motorických jednotek – prostorová sumace
- frekvence dráždění motorických jednotek – časová sumace
- synchronizace aktivovaných motorických jednotek

Počet zapojených motorických jednotek se zvyšuje na základě rostoucích nároků na velikost svalové síly. Tento stav se označuje jako nábor motorických jednotek neboli prostorová sumace a probíhá asynchronně. Na základě rozdílné prahové hodnoty podráždění jednotlivých typů vláken se odvíjí počet zapojených motorických jednotek. Při nízkém zatížení se nejdříve zapojí menší motorické jednotky s nízkým prahem dráždivosti, které jsou inervovány méně unavitelnými pomalými vlákny. Vzrůstající intenzita kontrakce aktivuje větší motorické jednotky s inervací rychlých svalových vláken. Motorická jednotka je aktivní do té doby, dokud nedojde k poklesu síly. Inaktivace probíhá v opačném pořadí, než vzniká nábor. Plynulý nárůst síly je způsoben již zmíněným asynchronním způsobem náboru. Nikdy však nedochází k zapojení všech motorických jednotek, rozmezí maximálně současně aktivních jednotek se pohybuje na 70–80 % (Meissner, 2004). K dalšímu nárůstu síly může dojít prostřednictvím časové

sumace, kdy dochází ke zvýšení frekvence vzruchů, které přicházejí k aktivované motorické jednotce. Měkota (2005) popisuje vysokou úroveň intramuskulární koordinace jako: „*Synchronizaci aktivovaných a neaktivovaných motorických jednotek, které se během svalové kontrakce střídají.*“ Tuto synchronizaci motorových jednotek dále popisuje Snášel (2016) jako schopnost aktivovat motorické jednotky svalových vláken ke stejnému účelu ve stejný okamžik. Zvýšením této synchronizace se současně zvyšuje schopnost rekrutovat svalová vlákna v přesný čas a následně se zlepšuje účinnost produkované síly. Mezi metody rozvíjející intramuskulární koordinaci řadí Dovalil et al., (2002) např. izometrickou, brzdívou, opakovaných úsilí, rychlostní a plyometrickou.

## **B. Intermuskulární koordinace**

Lehnert et al., (2010) charakterizuje intermuskulární neboli mezisvalovou koordinaci jako spolupráci agonistických a antagonistických svalů, které se účastní realizace pohybu a které umožňují dosáhnout silového maxima ve stejném čase. Princip mezisvalové koordinace, který je označován jako správné načasování pohybu neboli timing, se projevuje kontrakcí agonistů se současným reflexním snížením svalového napětí antagonistů. Zvýšením úrovně intermuskulární koordinace dochází k plynulosti a ekonomičnosti pohybu, kdy všechny zúčastněné svaly pracují v optimální souhře (Jebavý a Zumr, 2009). Naopak nízká úroveň intermuskulární koordinace se do sportovního výkonu promítá rychlým nástupem svalové únavy a neúplným zvládnutím techniky (Měkota a Novosad, 2005). Pro zlepšení mezisvalové koordinace jsou využívány především metody posilování s nemaximálními odpory jako např. metody opakovaných úsilí, rychlostní atd.

### **2.2.5 Klasifikace svalových akcí**

Průběh pohybu je dán výsledkem spolupráce agonistických, antagonistických a stabilizačních svalů. Jejich charakteristika je popsána dle Hoškové a Matoušové (2007) a Bursové (2005).

#### **A. Agonista**

Agonistické svaly jsou svaly, které mají během pohybu primární význam, neboť jsou jeho hlavním vykonavatelem. Pomocné svaly, které působí ve stejném směru a podporují jejich funkci, se nazývají synergisti.

## **B. Antagonista**

Antagonisté jsou svaly s opačnou funkcí agonistů, vykonávají tak pohyb v opačném směru.

## **C. Stabilizátor**

Jako stabilizátory označujeme svaly, které zpevňují určitou část, ze které pohyb vychází. Udrží tak pohybový segment v nejvýhodnějším postavení a optimalizují průběh pohybu, primárně se na něm však nepodílí.

## **D. Synergie svalové akce**

Synergie svalové akce se vztahuje k součinnosti a koordinaci činnosti různých svalů při provádění pohybu. Pokud se určité svaly kontrahují a vytvářejí flexi, je nutné, aby jiné svaly na opačné straně segmentu těla vytvářely extenzi a nebránily pohybu. Na tomto principu funguje spolupráce agonistů a antagonistů. Při upažování s jednoručkami je hlavním agonistou *m. deltoideus*, který provádí abdukci v ramenním kloubu, jeho pomocným synergistou je zde *m. supraspinatus*. Hlavním antagonistou je *m. latissimus dorsi*. Stabilizace je zajištěna aktivací *m. trapezius*. Synergie svalové akce je pro správnou a účinnou motorickou kontrolu klíčová a umožňuje harmonické provedení pohybu.

## **2.2.6 Faktory limitující úroveň silových schopností**

### **A. Faktor trénovanosti**

Trénovanost označuje celkovou připravenost sportovce podat požadovaný sportovní výkon. Ve vztahu k silovým schopnostem určuje rozvoj síly v reakci na specifický tréninkový režim (Siff, 2004; Dovalil, 2009). Je částečně podmíněna genetickými faktory a výchozí úrovní silové kapacity. Prostřednictvím rozvoje silových schopností s optimálním nastavením progresivního přetížení můžeme tuto kapacitu navyšovat a zvyšovat tak úroveň trénovanosti i celkového výkonu s minimalizací rizika zranění. Nedostatečná stimulace se projevuje jako podtrénovanost, naopak přetrénovanost vzniká v důsledku neadekvátního tréninkového zatížení.

## **B. Faktor biomechaniky**

Z hlediska biomechaniky pohybu mohou být silové schopnosti pozitivně či negativně ovlivněny. Jedná se především o techniku pohybu, která by měla být co nejvíce individuálně optimální a cílená na zvýšení výkonu se snížením možného rizika zranění. Biomechanika souvisí s genetickými faktory, jako jsou např. pákové vlastnosti v jednotlivých segmentech těla, relativní síla svalových skupin. Pro každý sport je charakteristický určitý pohybový stereotyp, který z dlouhodobého hlediska může způsobit specifickou adaptaci na zátěž. Změny můžeme pozorovat v rámci biomechaniky pohybu, morfologii těla a celkovém pohybovém projevu a výkonu.

## **C. Faktor Psychologie**

Silové schopnosti a sportovní výkon závisí do značné míry na psychologických faktorech. Jedná se především o motivaci, jejíž stupeň ovlivňuje průběhu plnění určitého pohybového úkolu. Vyšší úroveň motivace se projeví např. zvednutím vyšší hmotnosti, rychlejším a vyšším výskokem nebo silnějším kopem. Nejen během silových výkonů může činnost CNS podpořit schopnost jedince vlastního nabuzení či vědomá a cílená aktivace sympatiku. Určité sportovní situace vyžadují schopnost projevit optimální stupeň dravosti. Ve fotbale tuto schopnost může hráč využít např. v osobních soubojích.

## **D. Faktor bolesti**

Bolest jednoznačně negativně zasahuje do úrovně silových schopností a následně i do celkového výkonu. V souvislosti s faktorem bolesti Siff (2004) rozděluje bolest při zranění a bolest vzniklou při vynaloženém úsilí neboli v anglickém jazyce „*pain of effort*“. Bolest vzniklá při zranění je ochranou reakcí organismu na činnost, která zranění způsobila. Tuto zpětnou vazbu nelze ignorovat, jinak by hrozilo zhoršení stavu zranění. Bolest, která vzniká při vynaložení úsilí během plnění pohybové činnosti, nemusí být nutně důsledkem zranění. Jedná se o ukazatel subjektivně vnímané intenzity zátěže, v angličtině je tento ukazatel známý pod pojmem „*the rating of perceived effort*“ (RPE). K hodnocení se nejčastěji používá Borgova škála vnímaného úsilí. Tato subjektivní zpětná vazba nám pomáhá lépe monitorovat a regulovat zatížení, slouží také jako prevence přetrénování či zranění.

## **E. Faktor zranění**

Je zcela zřejmé, že akutní či chronické zranění zabraňuje sportovci v produkci síly. Svalová slabost je výsledkem ochranné reflexní inhibice, kterou vysílá CNS s cílem zabránit prohloubení zranění. Jako primární inhibiční faktor při produkci síly nebo v rámci kterékoliv pohybové činnosti by měl být uznán právě strach ze zranění. Důležité je také to, aby k návratu sportovce k výkonnosti po zranění došlo pouze tehdy, kdy on samotný vnímá rehabilitaci jako úplnou a strach z bolesti nebo opětovného zranění jako minimální (Siff, 2004).

## **F. Faktor únavy**

Únavu můžeme charakterizovat jako snížení schopnosti vykonávat pohybovou aktivitu, je následkem předchozího zatížení. K únavě může docházet na úrovni centrální nebo periferní. Centrální únava se vyznačuje poklesem funkce buněk CNS, kdy dochází ke snížení přenosu nervových vzruchů a únavě na nervosvalových synapsích. Periferní únava způsobuje snížení aktivní funkce kosterního svalstva. Mezi metabolické změny uvnitř svalu patří vyčerpání energetických zásob, nahromadění laktátu a poškození kontraktálního mechanismu, které vede k omezenému pohybu svalů (Jirka, 1990). Odpočinek by se měl adekvátně odvíjet od zvolené metody rozvoje, aby jedinci zabezpečil čas na optimální obnovu vyčerpaných zdrojů, oddálil únavu a celkově zvyšoval výkonnost.

## **G. Faktor asymetrie**

Pro každého jedince je charakteristický určitý stupeň asymetrie, který souvisí s preferencí dominantní končetiny během pohybu. V silových schopnostech se projevují jako asymetrie morfologické, vzniklé v důsledku jednostranného zatížení, kdy může docházet k viditelné hypertrofii preferované končetiny, ale i k silovému nárůstu její kapacity. Druhým typem jsou silové asymetrie, které budou popsány v následující kapitole.

## **2.3 Silové asymetrie**

Symetrie a asymetrie jsou ve vědě podstatnými pojmy, které jsou odlišně definovány v závislosti na oboru, ve kterém se vyskytují. Pro svoji práci jsem vybrala definici dle Rynkiewicz et al. (2013), který symetrii popisuje jako rovnováhu a harmonii mezi dvěma prvky vybraného celku. Pokud je tato rovnováha narušena nad určitou

úroveň, hovoříme o opačném pojmu, tedy o asymetrii. Míra této úrovně se liší v závislosti na autorovi, který ji stanovuje, odvíjí se např. od dané problematiky, vědního oboru a předchozích výzkumů. Na první pohled by se dalo říct, že je lidské tělo symetrické, zrcadlově rozdělené na pravou a levou polovinu (bilaterálně). Rozmístění vnitřních orgánů a jejich struktur, ale i vnější vzhled, napovídají, že se jedná spíše o asymetrii, jejíž míra je vždy individuální. Asymetrie je tedy jednou z výchozích charakteristik živých organismů (Kujanová et al., 2008; Rynkiewicz et al., 2013). Kujanová et al. (2008) dodává, že se v různých částech lidského těla může nacházet jistá úroveň asymetrie přímo nebo nepřímo v souvislosti s životními podmínkami nebo biomechanickým zatížením člověka. Kromě genetických, hormonálních a environmentálních faktorů se zohledňuje i věk. Asymetrie jsou dlouhodobě předmětem studií v různých vědeckých oborech. V oblasti sportu jsou zkoumány zejména v souvislostech, jak ovlivňují sportovní výkon. Obecná hranice asymetrie je určena na 10 %, její úroveň se u jednotlivých autorů může lišit. Shodnou hranici, která souvisí se zvýšeným rizikem zranění DK u hráčů fotbalu, uvádí Croisier et al. (2004). Kannus (1994) hodnotí rozdělení asymetrií ve sportu menší než 10 % jako normální, rozmezí 10–20 % jako abnormální a vysoce abnormální větší než 20 %. Důležité je posuzovat míru asymetrie zvláště, ne pouze na základě intervalu, ve kterém se nachází. Se každou zvyšující se mírou asymetrie nad cca 10 % pozorujeme signifikantně zvýšený negativní dopad na sportovní výkon, riziko zranění, vyřazení ze sportovní činnosti nebo ukončení hráčské kariéry.

### **2.3.1 Druhy silových asymetrií**

Silové asymetrie rozdělujeme na bilaterální, které určují poměr mezi pravou a levou stranou těla a unilaterální, kde se silový poměr hodnotí v rámci poměru svalů agonista-antagonista. Vernillo et al. (2016) popisuje bilaterální asymetrii jako rozdíl maximální síly mezi pravou a levou končetinou. Tento rozdíl vidí autor jako rizikový faktor pro vznik zranění, který lze u sportovců snížit včasným rozpoznáním a adekvátní kompenzací. Rozdělení a charakteristika silových asymetrií, které můžeme v literatuře najít, se u jednotlivých autorů liší. Mezi 3 základní typy bilaterální asymetrie řadí Van Valen (1962) směrovou, kolísající a anti-symetrii. Společně ve stejném znaku se mohou vyskytovat jakékoliv dva nebo i tři typy těchto asymetrií. Směrová asymetrie je charakterizována větším rozvojem určitého znaku v rámci celého druhu jen na jedné straně těla. Pro představu uvádí Manthey a Ousley (2020) uspořádání vnitřních orgánů v těle, například plíce, které jsou tvořeny třemi laloky na pravé a dvěma laloky na levé

straně. Dalším příkladem je v lidské populaci převažující výskyt praváků nad leváky (Cole et al. 2020 cit. dle Graham a Özener, 2016). Palmer (1996) dodává, že na tento typ asymetrie nemusí mít vliv jen genetický předpoklad, ale může se vyvíjet v průběhu života. Ke vzniku asymetrie také může vést jednostranně zaměřená fyzická aktivita, prováděná bez dostatečných kompenzací. Míra směrové asymetrie bude nejvíce ovlivněna, pokud bude tato aktivita prováděna v období růstu. Lidský organismus se nedokáže přirozeně vyvíjet přesným směrem, a tak vniká kolísavá asymetrie. Vůči směrové a anti-symetrii není adaptivní a neupřednostňuje jednu stranu. Manthey a Ousley (2020) tuto asymetrii popisují dle Klingenberga (2015) jako malé rozdíly mezi levou a pravou stranou, které nemusí být viditelné pouhým okem a vznikají v důsledku náhodných chyb ve vývoji jedince. Kolísavou asymetrii lze považovat za odchylku jedince od průměrné směrové asymetrie. Směrová i anti-symetrie jsou adaptivní a viditelné na pohled, ale rozdílné ve frekvenci výskytu. Vyplyvají buď ze stranové preference v případě směrové asymetrie, kdy se daný znak vyvíjí pouze na jedné straně. Nebo z rozdílné genové aktivity v případě anti-symetrie, kdy se může vyvíjet v jedné populaci jak na pravé, tak na levé straně se stejnou frekvencí (Cole et al., 2020, cit. dle Franks, Cabo, 2014; Palmer, 1996). K hodnocení určitého znaku v populaci nebo na studovaném výběru jedinců slouží výše zmíněné typy asymetrií. Znak jednoho subjektu tudíž nelze označit jako např. anti-symetrický, pokud nemáme k dispozici studii daného znaku na porovnaném výběru jedinců (Palmer, 1994). Krzykała (2012) rozděluje asymetrii dle Wolańského (1955) na morfologickou, charakterizovanou rozdíly ve velikosti a tvaru orgánů nebo částí těla, které se nacházejí na levé nebo pravé straně těla. Ve spojení s dominantní hemisférou uvádí asymetrii funkční. Jako poslední popisuje dynamickou asymetrii, která je určena rozdíly v síle a pružnosti svalů na pravé a levé končetině. Variantu zkřížené asymetrie, kdy je dominantní dolní končetin (dále jen DK) obvykle na opačné straně oproti dominantní horní končetině (dále jen HK), uvádí Auerbach, Ruff (2005). S autory se shodují i Krzykała, Leszczyński (2015), kteří navíc zkříženou asymetrii vysvětlují ve spojitosti se zachováním rovnováhy během pohybu.



## 2.4 Aktuální přístupy v analýze silových schopností

Dynamometrie neboli testování (měření) silových schopností je proces, v němž je primárním cílem zjistit úroveň a projev specifického druhu silových schopností jedné nebo více svalových struktur v průběhu různých typů pohybů. Z tohoto hlediska můžeme mluvit o zjišťování aktuální výkonnosti jedince. Sekundárním cílem je také zjistit efektivitu případné intervence, nebo změny výkonnosti v průběhu delšího časového úseku (longitudinální pozorování). Výsledky dynamometrie nám proto mimo hodnocení úrovně mají pomoci ve více specifickém nastavení případné intervence, je-li doporučeno sportovním tréninkem tyto silové schopnosti měnit. Zvyšování silového výkonu v koexistenci se snižováním rizika zranění je ve dnešním sportovním světě velmi aktuální problematika (Markovic et al., 2020; Nemati a Daneshmandi, 2017). Testy se mohou provádět v laboratorních anebo terénních podmínkách a zaměřovat se na otevřené nebo zavřené kinetických řetězce pro statické nebo dynamické pohyby.

### 2.4.1 Laboratorní testování

Laboratorní testování využívá biomechanických měření a probíhá za standardizovaných podmínek. Získaná data jsou právě pro standardizované podmínky z hlediska analýzy statisticky významnější než data z terénního testování. Testy probíhají v co nejvíce ideálních neměnných podmínkách bez vnějších vlivů (např. bez hluku, při optimální teplotě) a s možností využití nejmodernějších technologií s vysokým stupněm přesnosti a automaticnosti měření. Mezi nevýhody tohoto typu testování patří časová i finanční náročnost, vysoké nároky na kvalifikaci personálu a omezená kapacita. Využití přesných laboratorních testů se uplatňuje převážně ve výzkumu než v praxi (Měkota a Novosad, 2005). Pro účely této práce jsem využila laboratorního testování pomocí izokinetického dynamometru Humac Norm, kde byla testována antirotační síla trupu v izometrické kontrakci, druhý test na zjištění silového stisku HK byl proveden pomocí ručního dynamometru Takei A5401 (který lze použít i pro účely terénního testování).

## 2.4.2 Terénní testování

Prostřednictvím terénního testování se standardizovaně hodnotí provedení vybraných tělesných cvičení. Terénní testování lze realizovat v přirozeném prostředí (např. školní tělocvična, atletický ovál, hřiště) a s běžně dostupným zařízením. Jedná se převážně o výkonové testy hodnotící zdatnost, které probíhají samostatně nebo v rámci testových baterií. Mezi výhody patří jednoznačně větší dostupnost, možnost realizace testování u velkých skupin probandů oproti laboratornímu testování. Testování může provádět zaškolený tělovýchovný pedagog. Nevýhodou je špatná ovlivnitelnost podmínek, za kterých testování probíhá (Měkota a Novosad, 2005). Mezi nejznámější testové baterie posuzující motorickou výkonnost řadíme UNIFITTEST (6-60). Testováním pro zjištění vztahu mezi silou trupu a celkovou výkonností u hráček fotbalu, které lze provádět i v terénu, se zabývali Nesser a Lee (2009). Pro zjištění silové úrovně trupu byly použity testy flexe a extenze trupu a vzporu ležmo na boku. Součástí byly i testy vertikálního výskoku, člunkového běhu, sprintu na 36 m, 1 OM na Bench pressu a dřepu.

## 2.4.3 Otevřený kinetický řetězec

Otevřený kinetický řetězec je takový řetězec, jehož nejbližší segment těla se nachází volně v prostoru. Jedná se o izolovaný pohyb, který probíhá v jedné rovině a je složen z pohybu jednoho svalu nebo svalové skupiny, která působí na jeden kloub. Příkladem cvičení v otevřeném kinetickém řetězci je předkopávání na stroji v sedě. Dominantní extenze probíhá v kolenním kloubu, stehenní kost zůstává nehybná, naopak k pohybu dochází v oblasti bérce. Dalším příkladem je fotbalový kop, kdy segmenty pracují v otevřeném kinetickém řetězci v proximodistálním pořadí. To, jakou rychlostí se bude pohybovat distální segment, závisí na rychlosti segmentu proximálního a na jejich vzájemném působení (Vařeka a Vařeková, 2009; Dvořák, 2005).

## 2.4.4 Zavřený kinetický řetězec

Pro zavřený kinetický řetězec je charakteristická fixace obou distálních segmentů, které zůstávají v neustálém kontaktu s podložkou a pohyb je tak omezený. Tento kontakt vyvolává značný vnější odpor, který se přenáší na více kloubů a dochází k zapojení většího počtu svalů. Změnu postavení v jednom kloubu lze provést pouze za současné změny postavení i v minimálně jednom dalším kloubu. Příkladem je dřep, během kterého je vnější odpor vzniklý zátěží (vlastní hmotnost i přidaná zátěž) fixován proti pohybu

podložkou. Pohyb probíhá jak v kyčelním, tak kolenním kloubu (Vařeka a Vařeková, 2009; Dvořák, 2005).

## 2.4.5 Statické testy silových schopností

Statické testy silových schopností jsou často využívány ve sportovním i klinickém prostředí, kde je cílem zjistit úroveň maximální síly pro danou pozici. V anglickém jazyce se často setkáváme s pojmem „*maximal voluntary contractions (MVC)*“ testy. Jedná se o testování maximální dobrovolné izometrické kontrakce. Tato metoda se s vysokou spolehlivostí používá k měření a hodnocení úrovně svalové síly. Maximální izometrická kontrakce se liší v závislosti na stavu sousedního kloubu, denní době, kdy se měření provádí, umístění kloubu a kontrakce synergických svalů (Lee, Jo, 2016). V laboratorních podmínkách se setkáváme například s testy statické síly HK pomocí ruční dynamometrie. Statickou sílu Handgripu jsem v této práci testovala pomocí ručního dynamometru Takei A5401, který lze využít i pro účely terénního testování. Další možností, jak testovat statickou sílu, je použít izokinetický dynamometr v izometrickém módu. Pro určení síly trupu v anti-rotaci jsem využila izokinetický přístroj Humac Norm Cybex (CSMi, Humac Norm, USA), který umožňuje porovnat sílu v rámci pravé a levé strany (bilaterální poměr). Obecně se využívá k testování několika kloubů a částí těla – ramena, lokte, kyčle, kotníku nebo trupu. Testování nejen statických silových schopností je ovlivněno také psychologickými faktory jako např. tím, jestli je testovaný proband optimálně motivován a ochoten spolupracovat. Zjišťování úrovně silových schopností, které přináší řadu důležitých informací, má pro sportovce velký význam. Hráči jsou testováni v průběhu celého ročního tréninkového cyklu, ve fotbalu se testuje před začátkem, v průběhu a po skončení soutěžní sezony. Výstupem jsou údaje o aktuální úrovni síly, silové vytrvalosti, výkonu sportovce, případně data poukazují na konkrétní nedostatky v rámci přípravy. Výsledné analýzy slouží trenérům k realizaci nových či úpravě aktuálních tréninkových programů s cílem zvyšovat sportovní výkonnost hráčů se současnou minimalizací rizika zranění.

## 2.4.6 Dynamické testy silových schopností

Dynamické testy silových schopností otevírají velmi široké spektrum možností, jak hodnotit silovou a v návaznosti i pohybovou výkonnost. Pro testování dynamických silových schopností v laboratoři se nejčastěji používá izokinetická kontrakce, která doprovází konstantní rychlost pohybu končetiny kolem kloubu. Tato metoda izokinetické

dynamometrie zajišťuje optimální zatížení svalů v průběhu testovaného rozsahu pohybu. Testování probíhá pomocí specializovaných přístrojů. Jedná se např. již zmíněný izokinetických přístroj Humac Norm Cybex (CSMi, Humac Norm, USA). Testuje se rychlost pohybu, počet opakování, poměr (bilaterální) síly v rámci pravé a levé strany a poměr (unilaterální) síly v rámci flexorů a extenzorů. Terénním testováním explozivní síly může být např. skok daleký snožmo. K ohodnocení úrovně dynamických silových schopností jsou hojně využívány shyby, kliky či sedy-lehy. Fotbalové testování nejvíce využívá izokinetické dynamometrie pro testování síly flexe a extenze kolenního kloubu pro zjištění silové bilaterální i unilaterální asymetrie. Obdobným způsobem bývá testována síla trupu ve flexi a extenzi.

## **2.5 Silové schopnosti z hlediska pohybového výkonu ve fotbale**

Pohybový výkon fotbalového hráče je charakteristický intermitentním zatížením. Během utkání se v krátkých intervalech střídají činnosti s maximální nebo submaximální intenzitou jako např. starty, sprinty, změny směrů, střelba nebo výskoky s činnostmi intenzity nižší jako běh a chůze. Výše zmíněné činnosti kladou vysoké nároky na produkci svalové síly, která je také jednou ze základních složek individuálního výkonu hráče (Fousekis et al., 2010; Bangsbo, 1994; Psotta et al., 2006). Mezi síly, které dominují fotbalovému výkonu, řadí Weineck (1995) sílu explozivní (rychlou), maximální, vytrvalostní sílu a jejich vzájemné kombinace.

Pro většinu herních činností je podstatným faktorem explozivní síla, která se projevuje zejména v akceleračních impulsech jako starty, kopy, výskoky, ale i naopak v deceleračních impulsech, kdy hráč potřebuje zastavit, změnit směr, tlumit doskoky nebo pády. Základem explozivní síly je dostatečná úroveň absolutní síly příslušných svalových skupin. Je důležitá i pro další silové schopnosti, neboť její úroveň zčásti ovlivňuje stav síly výbušné i vytrvalostní. Pro sportovce je důležitým faktorem relativní síla, která udává nám poměr mezi silou maximální a tělesnou hmotností. Svalová vytrvalost je schopnost, na které závisí celková produkce síly hráče během utkání. Pro maximální udržení výkonnosti během explozivních činností v průběhu celého utkání je pro hráče důležitá dostatečná úroveň rychlostně-silové vytrvalosti, která je zvláštní formou silové vytrvalosti (Weineck, 1995; Psotta et al., 2006). Stimulace silových schopností by měla

vycházet z optimálního zatížení a na základě adekvátně vybraných metod. Důležitá je dostatečná znalost svalové činnosti a jejího nervového řízení (Dovalil, 2009). Hlavní cíle, na které by měl být silový trénink zaměřen, jsem podle Psotty et al. (2006) shrnula následovně:

- rozvoj schopnosti nervosvalového systému rychle vyvíjet svalovou sílu ve fotbalových činnostech
- vytvoření základů obecné svalové síly s následným budováním a rozvíjením svalové síly potřebné ve specifických fotbalových činnostech
- prevenci zranění či urychlení rekonvalescence
- budování, rozvoj silové kapacity svalů trupu a horních končetin, neboť mohou výsledný výkon značně ovlivnit
- snahu o zachování úrovně obecných silových předpokladů při možném přerušení sportovní výkonnosti

Dle Bahenského et al. (2021) cit dle Schmidtbleichera (1992) obecně platí, že se úroveň svalové síly a velikost svalové hmoty vzájemně ovlivňují. Tyto dva aspekty by se však měly odvíjet od specifických požadavků na výkon v konkrétním sportu. Silový trénink by měl být u fotbalistů zaměřený primárně na zvýšení silové úrovně dovedností, které jsou pro výsledný výkon rozhodující. Dle Faigenbauma a Westcotta (2009) mají silní hráči značnou výhodu nad těmi slabšími, neboť provedení každé pohybové aktivity vyžaduje určité množství svalové síly, a proto by měl být silový trénink hlavní složkou kondiční přípravy. Důležitostí silového tréninku v rámci fotbalu se také zabývá Alexandr (2020) ve své knize *Complete Conditioning for Soccer*. Autor zastává názor, že silová příprava by měla vycházet z antropomotorických a fyzických požadavků každého hráčského postu se snahou o co nejvyšší míru individualizace. Navýšením silové kapacity dle něj dochází k nárůstu účinného a efektivního přenosu síly tělem během pohybů. Požadující úroveň svalové síly se odvíjí i od hráčských postů. Hráči na obranných pozicích, ve kterých dochází k nejmenšímu počtu běhu ve vysokých intenzitách, by měli mít vyšší úroveň svalové síly dolních končetin. U útočníků je žádoucí taková míra svalové síly, která jim umožní vykonávat významně větší množství delších sprintů a skoků (Silva et al., 2015). Většina autorů se ve svých publikacích shoduje, že silová úroveň dolních končetin, která se projevuje v každém hráčovu pohybu, je pro výsledný výkon

rozhodující. Pro hráče fotbalu je charakteristická vysoká úroveň dynamické síly quadricpsu na přední straně stehen. Hamstringy, které se nacházejí na zadní straně stehen, mají dle Kodrase (2017) významně dominantnější roli v rychlosti sprintu, výšce výskoku, síle kopu. Ve srovnání s quadricpsem bývá u hráčů svalová úroveň hamstringů nižší a tím se zvyšuje riziko poranění předního zkříženého vazy, který se tímto silovým deficitem dostává do většího napětí. Proto je optimální silový poměr mezi těmito svaly důležitým faktorem v prevenci zranění. Hýžd'ové svaly se podílí na průběhu kopu a startu. K aktivitě lýtkových svalů dochází při všech odrazech chodidla od země. Dostatečná silné svaly trupu pomáhají hráčům udržet stabilitu a efektivně přenášet generované síly během pohybů na hřišti (Cacek a Grasgruber, 2008; Psotta et al., 2006).

### **2.5.1 Silové schopnosti z hlediska prevence zranění ve fotbale**

Úroveň silových schopností se promítá do sportovní výkonnosti každého hráče, ale je také důležitým faktorem v prevenci zranění, která hrozí ve sportovních hrách. Fotbal můžeme charakterizovat jako hybridní sport, ve kterém dochází k intenzivnímu střídání asymetrických a symetrických pohybových činností. Ke změně pohybové aktivity hráče v utkání dochází každých 4–6 s, frekvence a intenzita těchto změn je závislá na průběhu hry a postu hráče (Krustrup et al. 2005).

Provedení asymetrické pohybové činnosti je spjata s preferencí dominantní končetiny neboli lateralitou, která hraje v týmových sportech důležitou roli. V současném fotbalu jsou na hráče kladeny stále větší požadavky na zvýšení herního výkonu, a proto mají výhodu ti hráči, kteří jsou schopni hrát na vysoké úrovni téměř bez preference jedné nebo druhé DK. Přesto však většina hráčů během výkonu používá svoji dominantní končetinu (Bahenský et al., 2021 cit podle Stöckel, Weigelt, 2012; Stöckel, Carey, 2016; Fousekis et al., 2010). Asymetrické činnosti vedou k asymetrické neuromuskulární adaptaci dolních končetin (Fousekis et al., 2010). Důsledkem této adaptace je bilaterální silová asymetrie, která může být následně spjata se zvýšeným rizikem zranění a poklesem výkonnosti hráče (Sannicandro et al., 2014). Unilaterální asymetrie se u hráčů velice často projevuje silovým nepoměrem mezi silově dominantnějším quadricpsem nad slabším hamstringem. Asymetrie jsou ovlivněny i věkem a trénovaností hráčů. Dle Silvy et al. (2015) jsou mladší hráči, kteří nejsou schopni využívat obě DK tak jako hráči na profesionální úrovni, k jejich vzniku náchylnější. Výsledky studie Malého et al. (2013) však ukazují, že více než 50 % testovaných hráčů mělo alespoň jednu asymetrii síly bez

ohledu na úroveň jejich výkonu. Asymetrické pohybové činnosti hráče představují kopání, vedení míče, nahrávky, výskoky a rychlé změny směru. Rychlé změny směru spojené s akcelerací nebo decelerací provede hráč 40–60x v závislosti na hráčském postu (Psotta et al., 2006). Tierney et al. (2016) ve své studii charakterizuje akceleraci a deceleraci jako aktivitu při které dojde ke zrychlení či zpomalení  $\geq 3 \text{ ms}^{-2}$ . Výsledky studie ukazují, že v utkání jsou častější decelerace než akcelerace, a právě proto autor zdůrazňuje důležitost specifikace silové přípravy hráčů na základě jejich postavení ve hře. Počet výskoků za utkání Psotta et al. (2006) udává v rozmezí 5–20, počet přihrávek 20–46, hráč pak vystřelí celkem 0–4x. Průměrný počet kontaktních soubojů na základě porovnání mezi evropskými soutěžemi a týmy se ve studii Andrýska, Frýborta (2015) pohybuje v průměru okolo 186 soubojů za celé utkání.

Silové deficity, které jsou typičtější pro asymetrické činnosti, jsou však přítomny i v činnostech vyžadující symetrické motorické vzory. Jejich zastoupení v rámci celého utkání uvádí Di Salvo (2007) následovně: stoje (0 km/h) 7 %, chůze (0–7 km/h) až 56 %, klus (7–13 km/h) 30 %, běh (13–18 km/h) 4 % a sprint (18–36 km/h) 3 %. V závislosti na herní pozici hráče, zvolené taktice týmu a celkového průběhu utkání se hodnoty mění. V rámci utkání hráč uběhne na hřišti přibližně 10–12 km, brankáři okolo 4 km při průměrné intenzitě 80–90 % maximální tepové frekvence (Stolen, 2005). V submaximální rychlosti hráči provedou až 220 běžeckých úseků (Mohr et al., 2003). V závislosti postavení hráče na hřišti se průměrný počet sprintů v utkání pohybuje mezi 3–40. Největšího počtu sprintů dosahují útočníci a krajní hráči ve srovnání s hráči na středu. Fotbalové sprinty jsou charakterizovány do vzdálenosti 20 m s délkou trvání 2–4 s, jejich celková vzdálenost za utkání je  $700 \pm 200 \text{ m}$  (Di Salva et al., 2007; Bangsbo et al., 1991; Mohr, 2003; Burgess, 2006). Výkon hráče během utkání je variabilní, neboť vykoná zhruba 150–250 kombinací symetrických i asymetrických činností. Zohlednit zde musíme i tréninkové zatížení, ve kterém hráči využívají stejné pohybové činnosti. Důsledkem této variability mohou být z dlouhodobého hlediska určité silové asymetrie spojené s potenciálním rizikem zranění. Při chybějící či nedostatečné kompenzaci se mohou tato rizika ještě více zvyšovat. Zejména v období růstu a dospívání jsou mladší hráči ke vzniku asymetrií náchylnější.

## Nejčastější fotbalová zranění

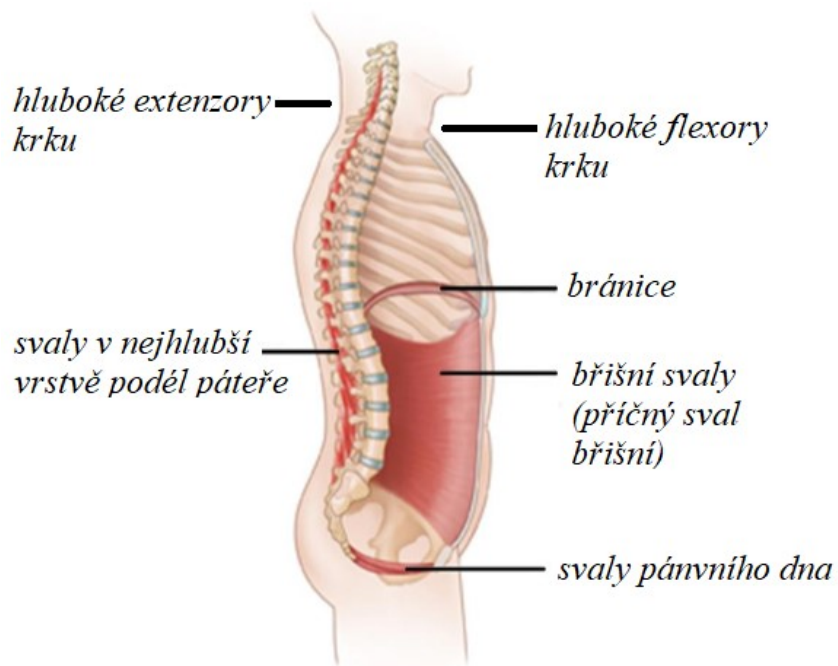
Fotbal jako kontaktní sport s sebou přináší rizika zranění. Jejich riziko je během zápasu až čtyřikrát častější než v tréninku a zvyšuje se vždy ke konci poločasu. Ke zraněním dochází převážně při kontaktu s jiným hráčem. Rychlé změny směru, tempa během běhu, kopy a výskoky mohou být také úrazovou příčinou (Bauer, 2006; Bahr et al., 2008). Jako nejčastější fotbalová zranění, která tvoří dvě třetiny z celkových, uvádí Chomiak (2008) zranění kotníku, bérce a kolen. Distorze kotníku vzniká jako důsledek dopadu nohy do nevhodného postavení v plantární flexi. Stává se tak často během zastavení protihráče nebo ve chvíli, kdy se hráč pokouší vystřelit nebo zasáhnout míč. U velké části hráčů dochází k opakovanému zranění po předchozí distorzi, a to i ve stejné hrací sezóně (Pilný et al., 2007; Chomiak, 2008). Ke komplikovanějším zraněním dochází v oblasti kolenního kloubu, konkrétně se jedná o mediální postranní vaz, meniskus, zadní zkřížený vaz. Nejzávažnějším poraněním je poranění předního zkříženého vazy. Příčinou je obvykle tělesný kontakt, ke kterému dochází zastavením protihráčem s nárazem do laterální nebo mediální strany kolene. Mezi další patří externí síly nebo interní síly, které jsou vyvolány hráčem v průběhu běhu, akcelerace, decelerace nebo kličkování (Pilný et al., 2007; Chomiak, 2008). Mezi rizikové činitele řadí Bahr et al. (2008) hypermobilitu v oblasti kolenních kloubů, nedostatečnou silovou vybavenost kolenních stabilizátorů, únavu, nevhodnou či neúplnou rehabilitaci po předchozích zraněních, kontaktní situace během hry. Během rychlé změny polohy těla může dojít k natažení nebo ruptuře v oblasti hamstringů, které je dalším charakteristickým zraněním pro fotbal. Bolest v krajině tříselné nebo mimo ni bývá označována jako fotbalové třísla a řadí se k dalším typickým zraněním. Příčinou může být zranění svalů samotného třísla nebo poškození pánevních kostí, kyčelního kloubu či šlach a vazů. Většinou má však bolest v tříse svalový původ. Sprint, střelba, skluz, ale i nedostatečné rozcvičení, přetrénování či změna povrchu mohou být mechanismem vzniku tohoto zranění (Chomiak, 2008; Pilný et al., 2007). Otřes mozku je nejčastějším poraněním v oblasti hlavy a vzniká při kontaktu hlavy se zemí nebo při srážce s další hlavou nebo loktem. U hráčů po otřesu mozku se v rámci tréninkové rehabilitace v dnešní době využívají různé formy neurotréninku. Příčinou vertebrogenních obtíží, jako je akutní výhřez ploténky, může být nedostatečná síla a stabilita v oblasti trupu během rotačních pohybů, které hráč využívá např. během střelby na bránu (Chomiak, 2008). Honová (2017) zmiňuje důležitost stabilizační funkce svalstva v okolí kyčle, které jsou zodpovědné za centraci kyčle během fotbalového kopu. Pokud



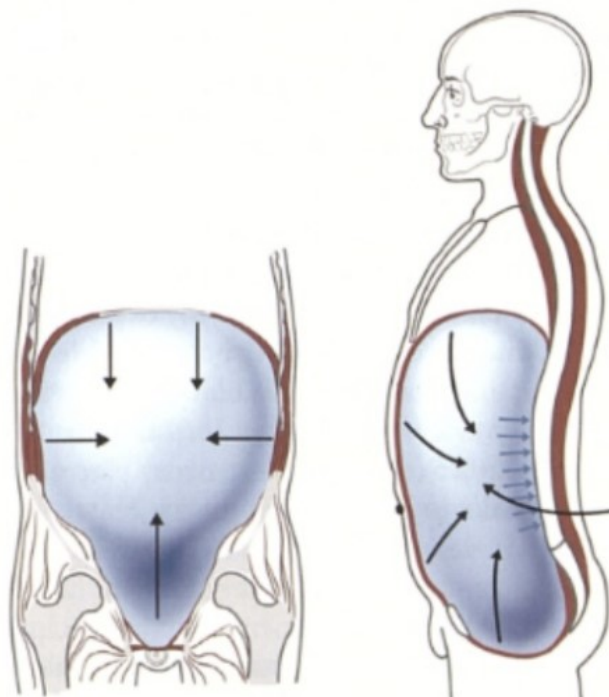
tato funkce není dostatečná, může navíc vzhledem k asymetrickému zatížení DK, vznikat jednostranná kyčelní nestabilita. Po zranění bývá na hráče, ale i lékařské terapeutky často vyvíjen nátlak, který směřuje k pozmeněnému a urychlenému cíli léčby. Primárním cílem není sportovce vyléčit, ale snížit bolesti a možné riziko v dalším zápase na minimum. Na delší rekonvalescenci, kterou některá zranění vyžadují, není z hlediska stále se zvyšujícího tlaku na výkon prostor (Sanderson, 2000).

## **2.5.2 Silové schopnosti trupu z hlediska pohybu hráče ve fotbale**

Přestože fotbalovým výkonům dominuje práce nohou, silová kapacita by měla být u hráče budována v celém těle, a to i v oblasti trupu. Udržení vzpřímeného těla během sportovních činností zabezpečuje hluboký stabilizační systém páteř (dále jen HSSP). Kolář a Lewit, (2005) popisují HSSP jako skupinu svalů, jejímž hlavním úkolem je chránit páteř před působícími silami a stabilizovat ji během lokomoce (Obrázek 4). Aktivita svalů HSSP doprovází každý cílený pohyb HK a DK a zároveň jsou svaly HSSP aktivovány i během statického zatížení, jako je například sed, stoj atd. Oporu břišní dutiny tvoří ze shora bránice, z ventrální a laterální strany břišní svaly a ze spodní strany svaly pánevního dna. Tyto svaly spoluvytvářejí a regulují nitrobřišní tlak (Obrázek 5). Z dorsální strany se k nim přidávají mm. multifidí. Společně pak všechny tyto svaly stabilizují páteř v bederní oblasti. V úseku krční páteře pak do společné souhry vstupují hluboké extenzory šíje a hluboké flexory krku (Kolář a Lewit, 2005; Stackeová, 2018). Stabilizační funkce těchto svalů se zapojuje automaticky, již během anticipace svaly HSSP přednastavují ideální výchozí polohu páteře pro následující pohyb a umožňují tak efektivnější práci povrchnějším svalům (Kolář, 2009; Levitová a Hošková 2015). Při oslabení funkce HSSP přebírají povrchové svaly práci hlubokých. Povrchové svaly, které kompenzují nedostatečnou funkci hlubokých svalů, však neumí nastavit jednotlivé páteřní segmenty vůči sobě a páteř se tak stává méně stabilní. Při větší míře zapojení globálního systému se následně lokální systém přestává do pohybových vzorců primárně zapojovat. Následně dochází k přetěžování povrchových svalů, k nesprávnému zatížení kloubů a prohlubování svalové dysbalance mezi hlubokými a povrchovými svaly (Suchomel, 2006). Důležitost HSSP v rámci prevence zranění zmiňuje Kirkendall (2013), podle kterého k některým fotbalovým zraněním v oblasti páteře dochází právě v důsledku nedostatečně funkčního HSSP.



Obrázek 4: Hluboký stabilizační systém páteře (HSSP) (upraveno podle Mueller, 2019)



Obrázek 5: Souhra svalů hlubokého stabilizačního systému páteře (HSSP) páteře vytvářející nitrobřišní tlak (Kolář, 2009)

## Hluboký stabilizační systém páteře („Tělesné jádro“)

Pojmy Hluboký stabilizační systém páteře (HSSP), resp. „tělesné jádro“ bývají často označovány jako stejný systém. Dle mého názoru stabilizační funkce hluboko uložených svalů kolem páteře funguje jako základ pro činnost svalů jádra, které plní podobnou funkci ale ve vrstvách svalů uložených blíž k povrchu. Tělesné jádro označuje Luo (2023) jako hnací motor anatomického a funkčního centra těla. Dle Jebavého a Zumra (2014) se jedná o oblast, ze které jsou zahájeny všechny pohyby a nachází se zde také těžiště. Tento pojem bývá v dnešní době uváděn pod anglickým názvem „core“. Dostatečně silné svaly středu těla zajišťují hráči stabilitu během všech pohybů, jsou důležitým převodníkem síly mezi HK a DK s minimální ztrátou energie v trupu. Silová kapacita středu těla má vliv na produkci síly hráče během běhu, kopů, výskoků atd., ale i na jeho schopnost energii absorbovat např. během kontaktních soubojů s protihráčem (Thurgood a Paternoster 2014; Luo, 2023). Jebavý (2010) dodává, že pokud nemá hráč dostatečně silný střed těla, nemůže plnohodnotně využít sílu končetin v rámci komplexních pohybových vzorců. Síla je tak v důsledku pouze generována, ale není přenášena, což se negativně projeví v pohybech hráče na hřišti. Ve fotbale silné svaly trupu zvyšují schopnost hráče snadno a rychle měnit směr i intenzitu běhu s míčem i bez něj, optimalizovat obranné i útočné herní dovednosti a celkově zefektivnit výkon. Jsou také předpokladem pro správné držení těla a mohou snižovat rizika možných zranění. Dle Sinha a Mili (2021) stabilní střed těla pomáhá dýchacímu systému zajistit potřebný průtok vzduchu pro maximální spotřebu kyslíku ( $VO_2$  max) a dosáhnout tak optimálního výkonu.

Svaly středu těla jsou dle Jebavého a Zumra (2014) následující:

- m. abdominis
- m. erector trunci
- m. gluteus maximus et medius et minimus
- hamstringy
- m. quadricpes femoris
- m. quadratus lumborum, m. iliopsoas

Lederman (2007) v souvislosti se cvičením posilujícím střed těla uvádí fakt, že se naše neuromuskulární a muskuloskeletální systémy přizpůsobují každé pohybové situaci zvlášť. Zvýšení silové úrovně svalů trupu v tréninku se následně může, ale také nemusí projevit v herním výkonu na hřišti. Proto je důležité střed těla trénovat na základě specifických požadavků, aby byla získaná síla co nejvíce přenositelná do výkonu. Lidské tělo je rozděleno do třech anatomických rovin, ve kterých probíhá pohyb. V rovině sagitální je to pohyb *anti-extenze*, která chrání tělo před přílišným záklonem nebo předklonem. V rovině frontální se jedná o pohyb *anti-laterální flexe*, která se snaží zamezit nadměrnému úklonu do strany. V poslední rovině transverzální pohyb *anti-rotace* brání rotaci těla kolem své osy. Veškeré hráčovy pohyby neprobíhají pouze v jedné rovině, ale některá z nich je vždy více či méně dominantní. Běh a sprint probíhají převážně v rovině sagitální. Trup musí reagovat na akceleraci, deceleraci nebo rychlé změny směru do stran, tak aby například při rychlém zastavení nepředběhl trup hráčovy DK. V průběhu kopu je stabilita zejména v oblasti kyčlí narušena tím, že je v kontaktu se zemí pouze jedna noha a hráčovo tělo se snaží odolávat anti-rotaci. Silný trup tak musí vytvořit stabilní oporu, aby mohl hráč provést silný a přesný kop. Stabilita a síla středu těla se projevuje v soubojích o míč, kde běžně dochází ke kontaktu s protihráčem. Pokud chceme, aby byl hráč na hřišti ve všech zmíněných pohybech rychlejší a silnější, je třeba trénovat a budovat silovou kapacitu trupu ve všech třech zmíněných rovinách. Dle Křištofiče (2014) není cílem posilování svalů středu těla svalová hypertrofie, ale navýšení stabilizační funkce těchto svalů a jejich koaktivace. Naopak Hibbs et al. (2008) říká, že v silovém tréninku kombinací vysokého zatížení, které mění strukturu svalů s nízkým zatížením, které zvyšuje úroveň CNS řídit svalovou koordinaci, by mělo dojít k navýšení stabilizace páteře a svalů tělesného jádra. Čímž autor předpokládá i pozitivní ovlivnění sportovního výkonu hráče.

### **2.5.3 Silové schopnosti horních končetin z hlediska pohybu hráče ve fotbalu**

Není pochyb o tom, že fotbalovému výkonu dominuje práce dolních končetin a pravděpodobně proto se většina trenérů v kondiční silové přípravě zaměřuje převážně na ně. Při pohledu na elitní sprintery se však musím zamyslet nad otázkou, proč mají celkové množství svalové hmoty na těle rovnoměrně rozložené, přestože by se dalo říci, že i jejich výkon určují DK. Aktivní švihová práce paží je ve sprintu stěžejní, neboť udává dobu kontaktu chodidla s podložkou. Zjednodušeně tak platí, že čím rychlejší je práce

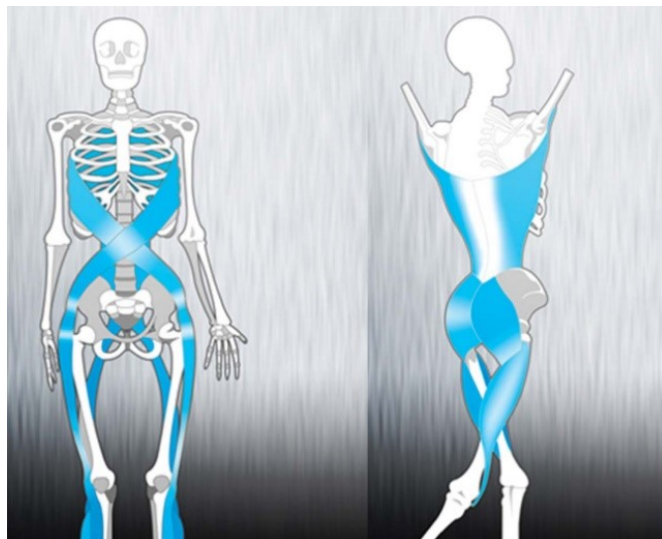
paží, tím rychlejší je práce dolních končetin. Proto je i pro hráče fotbalu, který absolvuje velké množství sprintů, dostatečná silové schopnost paží důležitá. Práce paží se také podílí na koordinaci celkového pohybového projevu. Dle Chomiaka (2008) se svaly horních končetin a trupu podílejí na stabilizaci páteře a vytvářejí celkový pohyb horní poloviny těla. Proto vidí rozvoj síly paží jako důležitou část silového tréninku fotbalistů. Psotta et al. (2006) dále zdůrazňuje důležitost dynamické síly horních končetin, kterou využívají při vhazování především brankáři a hráči na krajních pozicích. Výhodu dostatečně silných svalů horních končetin vidíme ve schopnosti absorbovat nárazy v kontaktních situacích nebo během nich odolávat externímu odporu těla soupeře. Trénink zaměřený pouze na rozvoj síly dolních končetin by také mohl vést ke vzniku dysbalancí mezi dolní a horní částí těla. Celkově však není silovým schopnostem horních končetin z hlediska výkonu ve fotbale věnováno v literatuře příliš pozornosti.

Zraněním horních končetin u elitních hráčů fotbalu se ve své studii zabývá Ekstrand et al. (2012) Cílem bylo charakterizovat zranění a jeho příčinu, určit dobu rekonvalescence a dále tato zranění odlišit na základě rozdílnosti hráčských postů. Studie pobíhala v letech 2001–2011, kdy bylo sledováno 57 mužských fotbalových týmů z 16 evropských zemí. Do studie byla zahrnuta zranění, která se stala během zápasu nebo tréninku. Během sledovaného období bylo zaznamenáno 11 750 zranění, ze kterých se 355 týkalo horních končetin. Ze studie tak vyplývá, že zranění horních končetin tvoří 3 % ze všech celkových. Každou hrací sezónu lze v profesionálním týmu předvídat 1–2 zranění HK, ve srovnání DK představují zhruba 40–45 zranění. Tréninková zranění tvořila 46 % a zranění způsobená během zápasu 54 %. Incidence zranění HK byla téměř 7x vyšší při hře v zápase ve srovnání s tréninkem (0,83 vs. 0,12/1 000 h, RR 6.7, 95 % CI 5.5–8.3,  $p < 0,001$ ). Z celkových zranění bylo 56 % v oblasti ramene nebo klíční kosti, 24 % v oblasti ruky a posledních 20 % bylo rozděleno mezi loket, předloktí a zápěstí. Dvěma nejčastějšími typy zranění byly akromioklavikulární klouby a vykloubení ramene, které představují 25 % všech zranění HK. Vykloubení ramene mělo ze všech typů zranění nejdelší dobu rekonvalescence  $41 \pm 44$  dnů a nejvyšší míru recidivy s 32 % možností opakovaného zranění. U brankářů je výskyt zranění horních končetin až 5x vyšší než u hráčů v poli (0,8 vs. 0,16 zranění/1 000 h, RR 5.0, 95 % CI 4.0–6.2,  $p < 0,001$ ). Specifické herní činnosti brankáře zahrnují chytání, odrážení a vyhazování míče, velmi často také při zákrocích dopadají po výskoku na zem s horními končetinami od těla, proto jsou náchylnější ke vzniku zranění. Proto by měla být větší pozornost věnována prevenci

zranění brankářů. Jako limity této studie uvádí autor indispozici údajů, zda některá zranění vyžadovala chirurgický zákrok a která byla léčena konzervativně. Limity této studie vidím v chybějících informacích o původu zranění, např. při jaké konkrétní situaci ke zranění došlo, zda se jednalo např. o kontaktní souboje, pády nebo výskoky, rozlišena jsou ve studii pouze tréninková a zápasová zranění.

#### 2.5.4 Serape efekt

Jako jeden z prvních popsal serape effect Thomas Mayers jako komplexní propojení jednotlivých svalů ve fasciálních liniích, které vedou zkříženě od DK k hlavě. Toto přirozené uspořádání umožňuje lidskému tělu efektivně vytvářet rotace a švih. Jedná se o důležitý faktor při udržení stability ve všech rovinách pohybu a přenosu sil mezi HK, trupem a DK. Podle Logana a McKinneyho je tento efekt stěžejní pro specifické balistické pohyby, kde zvyšuje rotační síly. Jedná především o sportovní hry, atletické hody, vrhy nebo bojové sporty (Vurzel, 2021). Santana (2015) vysvětluje vedení síly v lidském pohybu prostřednictvím konceptu anterior a posterior serape (dále jen APS), který rozšiřuje původní model o horní a dolní část těla na obou stranách. Anterior serape připomíná stuhu ovinutou kolem zad a překříženou v přední části těla, Posterior serape je naopak ovinutý kolem přední části těla a překřížený za tělem. Toto uspořádání svalů na přední a zadní části, které můžeme vidět na Obrázku 6, znázorňuje schopnost těla fungovat jako luk.



Obrázek 6: Uspořádání svalů v rámci APS (Santana, 2015)

Modelem APS můžeme sledovat, které svalové vzorce generují sílu, konkrétně jak aktivace těchto diagonálních vzorců svalových kontrakcí zajišťuje rotační sílu během pohybu.



*Obrázek 7: Aktivace APS v průběhu fotbalové kopu*

Na Obrázku 7 vidíme vizuální reprezentaci APS v průběhu kopu. Na DK dochází k aktivaci quadricepsu, adduktorů, kyčelních flexorů, hamstringu a hýžd'ových svalů. Trup hráče se zapojením šikmých břišních svalů, prsních svalů a širokého zádového svalu pohybuje do rotace oproti nášvihu jedné DK, která provádí kop. Rotační pohyb tak umožňuje sumarizaci vnitřních sil, které je možné následně přenést do pohybu DK. Tyto pohyby fungují jako pružina, kdy se při natažení ve svalech uloží potenciální energie, která se při pohybu přemění na kinetickou energii s následným přenosem sil do končetin. Pohybu se aktivně účastní APS je využíván ale i během vertikálních činností. Např. během výskoku nebo vhažování míče jsou oba diagonální vzorce APS synchronně koordinovány, aby nedocházelo k rotaci, když je síla generována po obou stranách.

## 3. Cíle, hypotézy, úkoly práce

### 3.1 Cíle práce

Cílem práce bylo zjistit velikost silové asymetrie horních končetin a trupu u mladých fotbalistů mezi dominantní a nedominantní stranou těla a velikost jejich vzájemného vztahu.

### 3.2 Hypotézy práce

- **H0:** Pohybový stereotyp ve fotbale nezpůsobuje silovou asymetrii ve prospěch dominantní strany těla ( $p > 0,05$ )
- **H1:** Síla stisku dominantní HK silně kladně koreluje ( $r > 0,6$ ) se silou dominantní strany trupu.
- **H2:** Dominantní strana vykazuje signifikantně vyšší ( $p \leq 0,05$ ) silovou úroveň při Handgripu než strana nedominantní v parametru absolutní síly.
- **H3:** Dominantní strana detto vykazuje signifikantně vyšší ( $p \leq 0,05$ ) silovou úroveň při rotaci než strana nedominantní v parametru absolutní síly.

### 3.3 Úkoly práce

- 1) Zpracování teoretických poznatků.
- 2) Výběr probandů.
- 3) Výběr vhodné metody pro výzkum.
- 4) Sběr dat.
- 5) Výběr vhodné statistické metody pro zpracování výsledků.
- 6) Vyhodnocení výsledků na základě výsledků a následná diskuze.
- 7) Napsání diplomové práce.



## 4. Metody práce

### 4.1 Organizace výzkumu

Testování bylo realizováno v Laboratoři sportovní motoriky na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy a probíhalo v rámci jednoho dne. Před zahájením výzkumu byli všichni probandi seznámeni s celým průběhem testování, byl jim předložen informovaný souhlas, který si přečetli, vyplnili a při souhlasu podepsali. V případě nezletilých probandů mladších 18 let podepsal informovaný souhlas i jejich zákonný zástupce. Jako první proběhlo měření základních antropometrických parametrů probandů, konkrétně byla zjištěna tělesná hmotnost (Tanita MC950, USA) a tělesná výška (Seca, USA). Tyto parametry byly později využity během testování a zapsány do systému na izokinetickém dynamometru Humac Norm Cybex (CSMi, Humac Norm, USA). Jako první proběhla diagnostika úrovně silových schopností HK prostřednictvím digitálního ručního dynamometru (Takei, A5401, Japonsko). Následoval test síly trupu v anti – rotaci měřený na již zmíněném izokinetickém dynamometru Humac Norm Cybex (CSMi, Humac Norm, USA), tomuto testu předcházelo specificky zvolené rozcvičení (popsané v kapitole 4.3). Po skončení každého testu byl proveden sběr dat, která byla následně zaznamenána a statisticky vyhodnocena. Tato práce byla realizována v souladu s principy Helsinské deklarace. Probandi a jejich zákonní zástupci byli obeznámeni s postupem sběru dat a anonymizací výsledků. Etická komise UK FTVS schválila tuto výzkumnou (diplomovou) práci a její vyjádření spolu s informovaným souhlasem jsou přiloženy jako příloha 1 a 2.

## 4.2 Probandi

Do výzkumu byli zařazeni probandi, kteří se věnují fotbalu na elitní úrovni. Jednalo se o celkem 18 probandů mužského pohlaví, jejichž průměrný věk dosahoval  $15,78 \pm 0,43$  let. Průměrná tělesná výška výzkumného souboru byla  $178,8 \pm 5,73$  cm a tělesná hmotnost  $69,81 \pm 7,41$  kg. V souboru bylo 13 probandů s dominantní pravou stranou těla a 5 probandů s dominantní levou stranou těla. Charakteristika probandů je v Tabulce 1.

Tabulka 1: Charakteristika probandů

	Laterality	Věk (roky)	Tělesná výška (cm)	Tělesná hmotnost (kg)
Proband 1	Pravá	16	171,5	66,2
Proband 2	Pravá	16	169,6	62,3
Proband 3	Pravá	16	191,6	81,6
Proband 4	Levá	16	179,8	73
Proband 5	Pravá	16	184,1	81,1
Proband 6	Pravá	16	178	75
Proband 7	Pravá	16	178	64,9
Proband 8	Pravá	16	176,5	73,4
Proband 9	Pravá	15	181,1	66,5
Proband 10	Pravá	16	173,1	61,5
Proband 11	Pravá	16	171,4	65,1
Proband 12	Levá	15	178,3	67,7
Proband 13	Levá	16	187	86,6
Proband 14	Levá	15	177,6	62,4
Proband 15	Pravá	16	176,6	64,8
Proband 16	Pravá	15	180	66,5
Proband 17	Levá	16	186	73,6
Proband 18	Pravá	16	179,5	64,3
Průměr skupiny		15,78	178,87	69,81
Směrodatná odchylka		0,43	5,73	7,41

### 4.3 Dynamometrie síly trupu

Cílem prvního testu bylo určit velikost síly trupu v rotaci na každou stranu. K testování byl použit izokinetický dynamometr Humac Norm Cybex (CSMi, Humac Norm, USA) v izometrickém módu. Specificky zvolené rozcvičení předcházelo samotným testováním. Proband provedl 10 s izometrickou výdrž v podporu na předloktí stranou, 10 x Pallof Press ve stoji s expandérem a 10 x sed-leh, to celé opakoval 3 x. Probandi byli slovně seznámeni s průběhem testu a upozorněn na jeho správné technické provedení. Následoval samotný test, který provedením připomínal izometrickou variantu „en. Pallof Pressu“. Proband byl v přístroji ve stoje, zády se neopíral. Jeho spodní polovina těla byla fixovaná, aby nedocházelo k nežádaným souhybům zbytku těla. V předpažení držel oběma rukama kovové lanko za zakončený úchyt na kladku a které vycházelo z boční strany. S lankem v pažích mířil na pomyslný střed před sebou. Na pokyn testujícího se snažil maximální izometrickou kontrakcí rotačně přetlačit lanko na opačnou stranu. Proband měl v rámci rozcvičení a seznámení s testem 2 cvičné pokusy do intenzity max 50 %, následovaly dva měřené pokusy do maximální intenzity s pauzou 30 s mezi každým, test byl takto proveden na pravou i levou stranu. Průběh testu a okamžiky zatížení byly řízeny odborným pracovníkem laboratoře.



Obrázek 8: Testování síly rotace trupu (LSM, 2022)

Na obrázku č. 8 je zobrazeno testování síly rotace trupu, proband byl fixován v oblasti kolen a jeho paže byly v předpažení.

## 4.4 Dynamometrie síly horních končetin

K druhému testu, kterým jsme zjišťovali silové úrovně HK, byl použit digitální ruční dynamometr (Takei, A5401, Japonsko). Před zahájením testování byli probandí informováni o správném postupu měření. Měření probíhalo v sedě, paže musela být svěřena podél těla. Každý proband měl jeden zkušební pokus a následující dva pokusy na každou HK, mezi jednotlivými pokusy byl vždy odpočinek 30 vteřin. Během maximálního stisku dynamometru bylo dohlíženo především na to, aby nedocházelo k nadbytečným souhybům ostatních částí těla. Každý pokus testu byl ihned vyhodnocen v kg. Průběh tohoto testu byl pod dohledem odborného pracovníka laboratoře.



Obrázek 9: Ruční dynamometr Takei, A5401, Japonsko (Chan Ha, 2018)

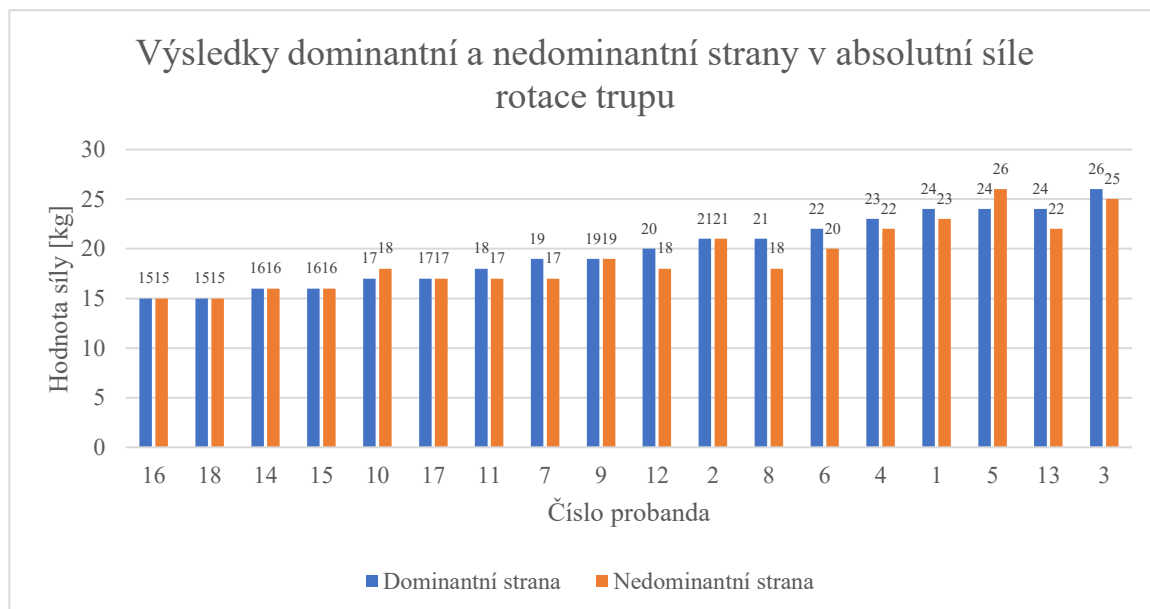
## 4.5 Statistické zpracování dat

Data byla zpracována po každém měření do elektronické tabulky v softwaru Excel (Microsoft, USA). Pro vyhodnocení výsledků byla použita základní deskriptivní statistika – průměr, směrodatná odchylka, maximum, minimum a procentuální rozdíly. Pro zjištění statistické významnosti rozdílů dvou průměrů mezi dominantní a nedominantní stranou těla byl použit párový studentův T-test. Pro určení významnosti byla stanovena hranice  $p$  – hodnoty na 0,05. Pro výpočet síly lineárního vztahu byl použit Pearsonův korelační koeficient ( $r$ ), a pro posuzování síly vztahu jsme použili následné dělení (Evans, 1996): 0,00–0,19 „velmi slabá“, 0,20–0,39 „slabá“, 0,40–0,59 „střední“, 0,60–0,79 „silná“, 0,8 – 1,00 „velmi silná“. Statistické zpracování bylo provedeno v softwaru Excel (Microsoft, USA).

## 5. Výsledky práce

### 5.1 Výsledky hodnot absolutní i relativní síly rotace trupu

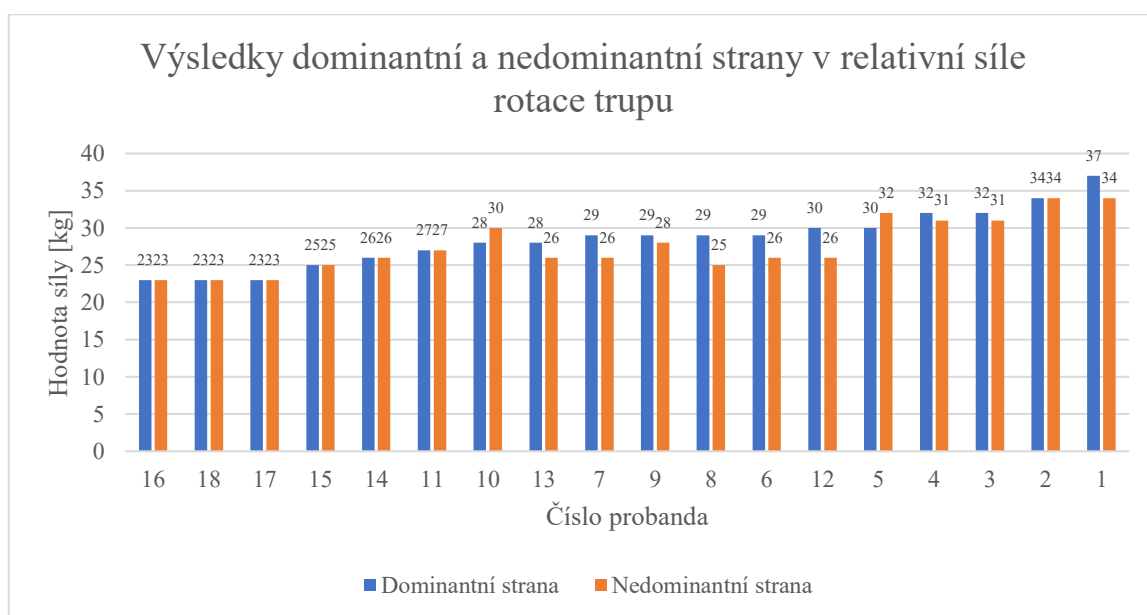
Výsledky hodnot absolutní a relativní síly rotace trupu můžeme vidět na Grafu 1 a 2 v Tabulce 2. Skupina probandů dosáhla průměrného výsledku na dominantní straně 19,83 kg se směrodatnou odchylkou  $\pm 3,47$  kg, což u průměrných výsledků znamenalo o 4,72 % vyšší hodnoty než na nedominantní straně. Průměrný výsledek na nedominantní straně činil 19,17 kg se směrodatnou odchylkou  $\pm 3,33$  kg. Maximálního výsledku dosáhl Proband 3 se silou 26 kg na dominantní straně, naopak Proband 5 dosáhl maximálního výsledku také se silou 26 kg na nedominantní straně. Minimální hodnoty na dominantní straně dosáhly u Probanda 16 a 18 se silou 15 kg a nedominantní strana ukázala minimální hodnotu u Probanda 16 a 18 se silou 15 kg. Největší hodnota silové asymetrie 13 % se ukázala u Probanda 8 (Graf 3), naopak nejmenší hodnota silové asymetrie 0 % byla zjištěna u Probanda 2, 15, 17 a 18. Výsledky T-testu ukázaly, že dominantní strana těla dosáhla signifikantně vyššího výsledku v absolutní síle rotace trupu s hodnotou  $p = 0,035$  a také v relativní síle s hodnotou  $p = 0,032$ .



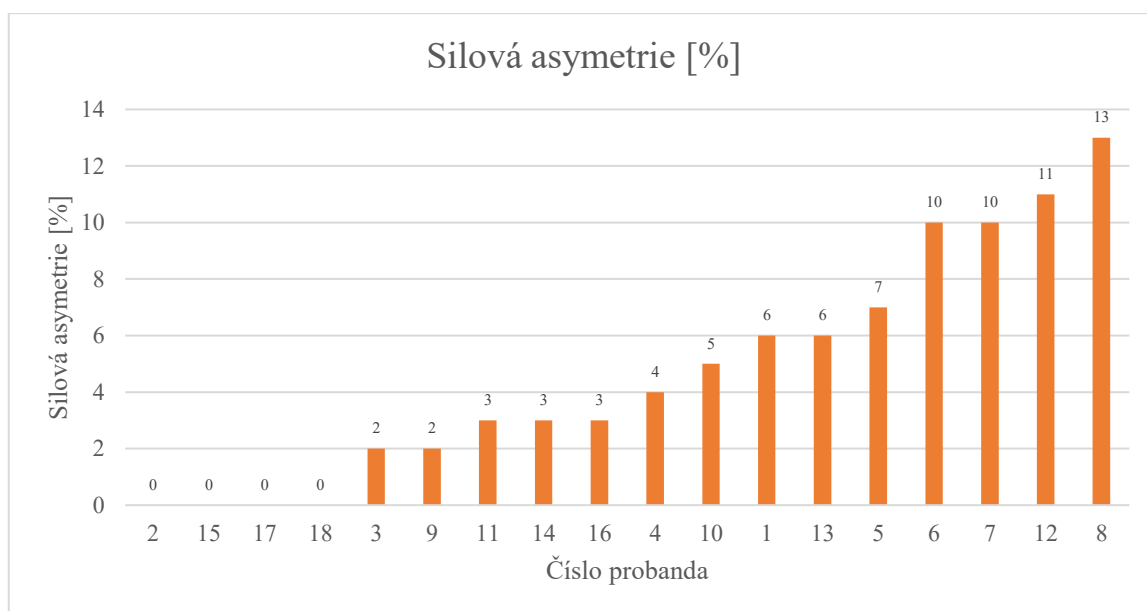
Graf 1: Výsledky dominantní a nedominantní strany v absolutní síle rotace trupu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg)

Tabulka 2: Výsledky síly rotace trupu

ROTACE TRUPU	Dominantní strana	Nedominantní strana	Dominantní strana	Nedominantní strana	Silová Asymetrie
Proband č.	Absolutní síla (kg)	Absolutní síla (kg)	Relativní síla (%)	Relativní síla (%)	(%)
Proband 1	24	23	37	34	6
Proband 2	21	21	34	34	0
Proband 3	26	25	32	31	2
Proband 4	23	22	32	31	4
Proband 5	24	26	30	32	7
Proband 6	22	20	29	26	10
Proband 7	19	17	29	26	10
Proband 8	21	18	29	25	13
Proband 9	19	19	29	28	2
Proband 10	17	18	28	30	5
Proband 11	18	17	27	27	3
Proband 12	20	18	30	26	11
Proband 13	24	22	28	26	6
Proband 14	16	16	26	26	3
Proband 15	16	16	25	25	0
Proband 16	15	15	23	23	3
Proband 17	17	17	23	23	0
Proband 18	15	15	23	23	0
Průměr skupiny	19,83	19,17	28,56	27,56	4,72
Směrodatná odchylka	3,47	3,33	3,79	3,60	4,10
Hodnota p v T-testu	0,035		0,032		



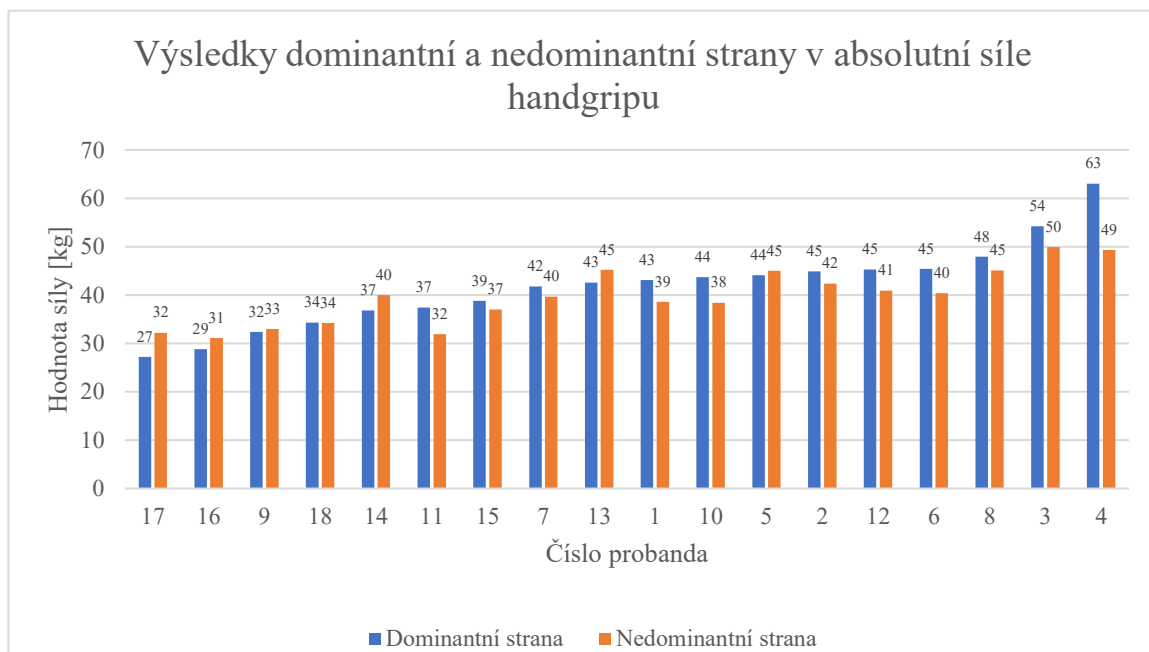
Graf 2: Výsledky dominantní a nedominantní strany v relativní síle rotace trupu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg)



Graf 3: Procentuální rozdíl silové asymetrie mezi dominantní a nedominantní stranou trupu (osa x – číslo probanda; osa y – %)

## 5.2 Výsledky síly Handgripu

Výsledky síly Handgripu v absolutních a relativních hodnotách jsou zaznamenány na Grafu 4 a 5 v Tabulce 3. Skupina probandů dosáhla průměrného výsledku na dominantní straně 41,76 kg se směrodatnou odchylkou  $\pm 8,63$  kg, což u průměrných výsledků znamenalo o 9,18 % vyšší hodnoty než na nedominantní straně. Průměrný výsledek na nedominantní straně činil 39,68 kg se směrodatnou odchylkou  $\pm 5,79$  kg. Maximálního výsledku dosáhl Proband 4 se silou 63 kg na dominantní straně, naopak Proband 3 dosáhl maximálního výsledku se silou 50 kg na nedominantní straně. Minimální hodnoty na dominantní straně dosáhly u Probanda 17 se silou 27 kg a nedominantní strana ukázala minimální hodnotu u Probanda 16 se silou 31 kg. Největší hodnota silová asymetrie 28 % se ukázala u Probanda 4 (Graf 6), který zároveň dosáhl maximálního výsledku na dominantní straně. Naopak nejmenší hodnota silové asymetrie 0 % byla zjištěna u Probanda 18, nízké úrovně 2 % dosáhli Proband 5 a 9.

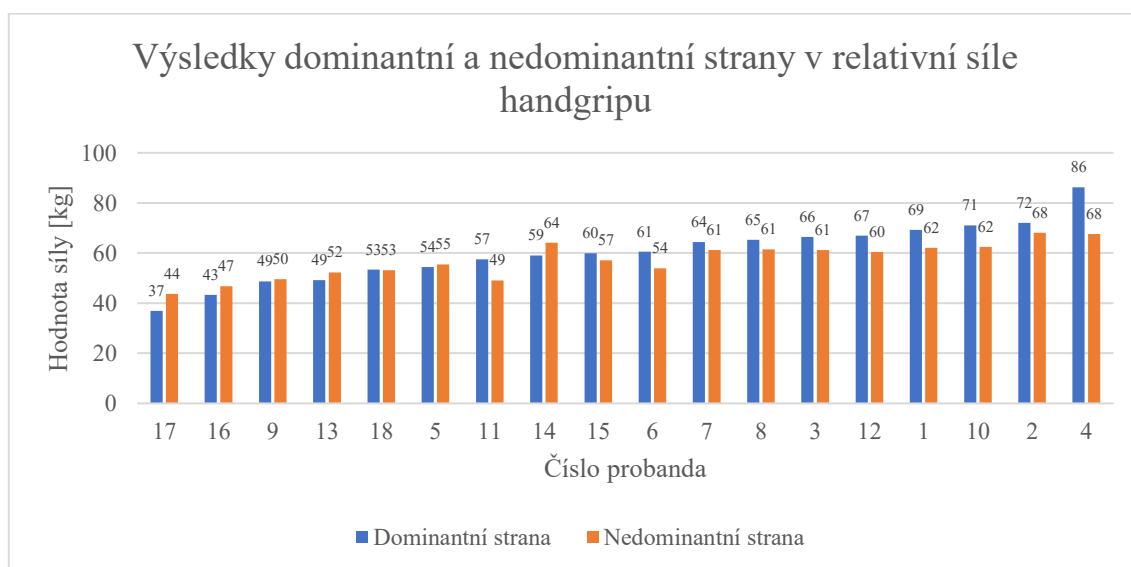


*Graf 4: Výsledky dominantní a nedominantní strany v absolutní síle Handgripu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg)*

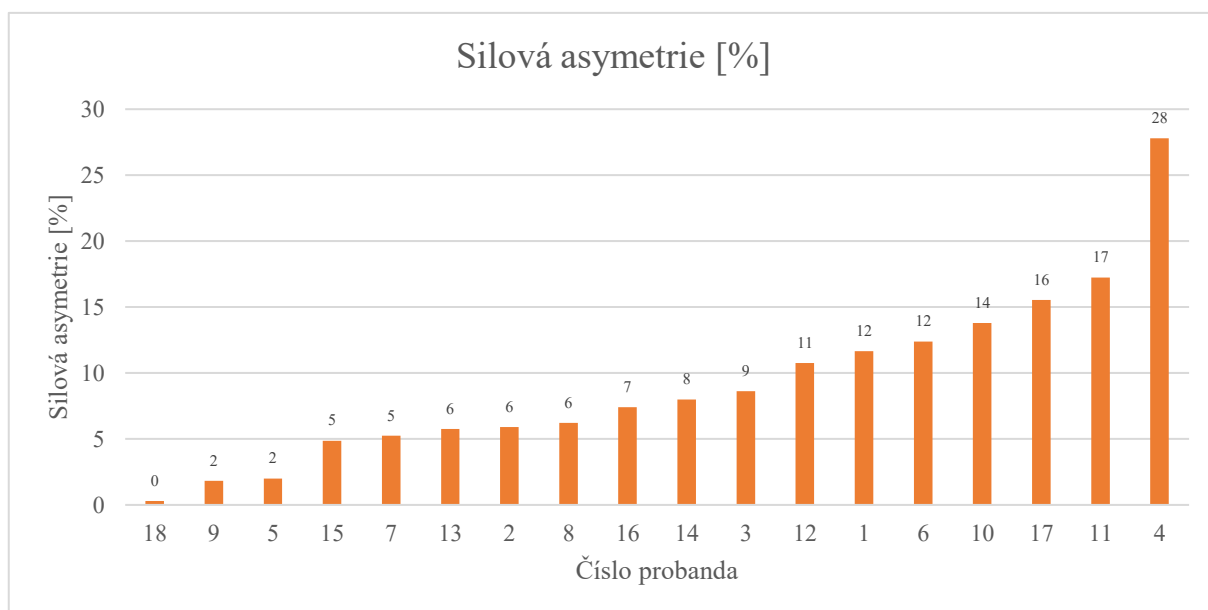


Tabulka 3: Výsledky v Handgripu

HANDGRIP	Dominantní strana	Nedominantní strana	Dominantní strana	Nedominantní strana	Silová Asymetrie
Proband č.	Absolutní síla (kg)	Absolutní síla (kg)	Relativní síla (%)	Relativní síla (%)	(%)
Proband 1	43	39	69	62	12
Proband 2	45	42	72	68	6
Proband 3	54	50	66	61	9
Proband 4	63	49	86	68	28
Proband 5	44	45	54	55	2
Proband 6	45	40	61	54	12
Proband 7	42	40	64	61	5
Proband 8	48	45	65	61	6
Proband 9	32	33	49	50	2
Proband 10	44	38	71	62	14
Proband 11	37	32	57	49	17
Proband 12	45	41	67	60	11
Proband 13	43	45	49	52	6
Proband 14	37	40	59	64	8
Proband 15	39	37	60	57	5
Proband 16	29	31	43	47	7
Proband 17	27	32	37	44	16
Proband 18	34	34	53	53	0
Průměr skupiny	41,76	39,68	60,24	57,18	9,18
Směrodatná odchýlka	8,63	5,79	11,68	7,08	6,63
Hodnota p v T-testu	0,059		0,049		



Graf 5: Výsledky dominantní a nedominantní strany v relativní síle handgripu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg)



Graf 6: Procentuální rozdíl silové asymetrie mezi dominantní a nedominantní HK (osa x – číslo probanda; osa y – %)

### 5.3 Vztah síly horních končetin a rotací trupu

Pearsonův korelační koeficient mezi absolutní silou rotace trupu a Handgripem dosáhl  $r = 0,71$  a blíží se tak hodnotě 1, co můžeme interpretovat jako relativně silnou kladnou korelaci. Hráči, kteří měli naměřené vysoké hodnoty v testu rotace trupu, měli také vysoké hodnoty v testu Handgripu.

Tabulka 4: Výsledky rotace trupu vs. Handgrip

ROTACE TRUPU vs. HANDGRIP	Absolutní Síla Dominantní Strany	Absolutní Síla Nedominantní Strany	Relativní Síla Dominantní Strany	Relativní Síla Nedominantní Strany
<b>Pearsonův korelační koeficient r</b>	<b>0,71</b>	<b>0,72</b>	<b>0,69</b>	<b>0,61</b>

## 6. Diskuze práce

Cílem práce bylo určit úroveň silové asymetrie horních končetin mezi dominantní a nedominantní stranou a silou rotace trupu, následně pak zjistit velikost jejich vzájemného vztahu vzhledem k silovému výkonu mladých hráčů fotbalu. Výsledky ukázaly, že pohybový stereotyp této sportovní hry může u hráčů v mladém věku signifikantně ovlivnit silovou asymetrii ve prospěch dominantní strany těla. Mezi silou horních končetin a trupu byl zjištěn relativně silný kladný korelační vztah ( $r = 0,71$ ), a tak můžeme konstatovat vzájemné propojení mezi těmito dvěma silových schopnostmi.

Průměrné hodnoty síly trupu v rotaci na dominantní straně dosáhly  $19,83 \pm 3,47$  kg, průměrný výsledek na nedominantní straně činil  $19,17 \pm 3,33$  kg. V průměru pak dosáhla dominantní strana o  $4,72 \pm 4,10$  % vyššího výsledku než strana nedominantní. Silové asymetrie můžeme označit jako důsledek adaptace na jednostranné pohybové činnosti hráče a preferenci dominantní končetiny zejména během fotbalových kopů. Nejvyšší naměřené hodnoty silové asymetrie trupu v naší studii byly u hráčů 10 %, 11 % a 13 %. Tyto hodnoty jsou již nad prahovou hodnotou 10 %, která je považována za významný ukazatel zvýšeného rizika zranění (Croisier et al., 2004). Tato zvýšená hodnota může být dále spjata s negativním dopadem na sportovní výkon, hráči může hrozit vyřazení ze sportovní činnosti nebo ukončení kariéry. Silové asymetrie můžou být ovlivněny prostřednictvím optimálně zvolených kompenzačních cvičení. V testu silové vytrvalost izometrické kontrakce svalů trupu dosahovaly hráčky fotbalu ( $n = 16$ ) průměrně hodnot flexe trupu  $216 \pm 83,4$  s, extenze trupu  $182 \pm 70,4$  s, laterální flexe pravé strany trupu  $128,7 \pm 56,8$  s a laterální flexe levé strany trupu  $122,7 \pm 36,2$  s (Nesser a Lee, 2009). U laterální flexe chybí určení dominantní strany, které je důležitým faktorem, neboť hodnoty pravé a levé strany by neměly být interpretovány stejným způsobem. Z naměřených hodnot však můžeme predikovat určitou úroveň bilaterální asymetrie ve prospěch flexorů trupu a dominantní strany trupu. Rozdílům silové úrovni svalů trupu hráčů s/bez zranění kolene se věnovali Abdallah a Hegazy (2021). Ze souboru hráčů ( $n = 39$ ,  $17,92 \pm 1,93$  let) na konci sezóny hlásilo zranění kolene dvanáct hráčů (30,77 %). Zajímavé je, že zranění hráči byli signifikantně mladší ( $p = 0,01$ ) než hráči starší. Zde se potvrzuje názor autorů Silvy et al. (2015) podle kterých jsou mladší hráči, kteří nejsou schopni využívat obě DK tak jako hráči na profesionální úrovni, ke vzniku zranění náchylnější. Signifikantní rozdíly silové úrovně se ukázaly pouze v testu izometrické

výdrž v planku na předloktí, kde byla doba držení významně vyšší u hráčů bez zranění ( $p = 0,013$ ). Můžeme tak říci, že hráči bez zranění měli dostatečně silné svaly trupu a snížená doba výdrže v tomto testu je spojená s vyšším rizikem zranění. Asymetrii izokinetické rotace trupu u mladých profesionálních hráčů golfu měřili autoři Bae et al. (2012). Hráči ( $n = 51$ ,  $22,31 \pm 4,25$  let) prováděli izokinetické otáčky při 30, 60 a 120 stupňů za sekundu. Opakovaně bylo provedeno pět rotací trupu v obou směrech a byl zjištěn maximální točivý moment. Srovnání rozdílů mezi jejich mířící a nemířící stranou na základě jejich izokinetické síly rotace trupu ukázalo, že dominantně využívaná strana, na kterou hráč provádí švih, byla lepší než u nedominantní ( $p = 0,0001$ ). Golfový švih představuje asymetrickou pohybovou činnost, pro kterou si hráči volí svoji dominantní stranu, a proto se u hráčů předpokládá určitý stupeň silové asymetrie svalů na laterální straně trupu. Izokinetická analýza testování svalové síly louží sportovcům nejen k hodnocení pohybového výkonu, ale také pro lepší pochopení dominantně zapojených svalů, které daný sport vyžaduje. Skupina probandů ( $n = 18$ ) této práce dosáhla průměrného výsledku síly Handgripu na dominantní straně  $41,76 \pm 8,63$  kg a nedominantní  $39,68 \pm 5,79$  kg. Věkově nejbližší skupina ze studie Gouveia et al. (2023) byla kategorie U19 ( $n = 25$ ), kde byly hodnoty naměřeny na pravé HK  $39 \pm 6$  Kg a levé HK  $39,1 \pm 6,8$  Kg. Mladší hráči kategorie U16 tak dosáhli vyšší silové úrovně než hráči starší kategorie U19. Ve studii opět chybí určení laterální dominance HK. Ze studie Gouveia et al. (2023), která porovnávala hráčské kategorie, dosáhl nejvyšších hodnot v testu Handgripu A tým ( $n = 22$ , věk  $24,9 \pm 4,4$  let) průměrných hodnot pravé HK  $49 \pm 4,6$  kg a levé HK  $47,9 \pm 6,5$  Kg. Rozdíly mezi dalšími kategoriemi studie byly statisticky významné ( $p = 0,001$ ). Hodnota asymetrie síly Handgripu u probandů v této práci průměrně dosáhla  $9,18 \pm 6,63$  %, což se pohybuje v pod hranici zvýšené asymetrie 10 %. Někteří probandi však dosáhli hodnot asymetrie 11–24 %, které jsou již nad prahovou hodnotou a hrozí tak u nich signifikantně vyšší riziko zranění. Kannus (1994) hodnotu silové asymetrie větší než 20 % dokonce označuje jako vysoce abnormální. Gouveia et al. (2023) ve studii také hodnotili sílu Handgripu ve vztahu pozici hráče na hřišti, kterou jsme se v této práci nezabývali. Nejlepší úrovně statické síly stisku vykazovali obránci průměrnou hodnotou pravé HK  $48,1 \pm 7,6$  kg a levé HK  $43,5 \pm 6,6$  kg a brankáři průměrnou hodnotou pravé HK  $45,8 \pm 9,5$  kg a levé HK  $43,9 \pm 8,3$  kg. Rozdíly však hodnotou  $p = 0,554$  u pravé HK a  $p = 0,398$  u levé HK nebyly statisticky významné. Autoři dosažené výsledky v testu Handgripu označují jako silný ukazatel kvality celkové síly. Proto je třeba vzít v úvahu statickou sílu jako potenciální svalovou dovednost, která

odlišuje hráčskou úroveň. Těmito poznatky se dle autorů posiluje důležitost přístupu k silové přípravě hráčů na všech soutěžních úrovních fotbalu. Názory autorů bych doplnila o důležitost dynamické síly HK, která je využívána v průběhu vhadování brankářů a hráčů v krajních pozicích. Svalová síla paží úzce souvisí s rychlostí i obratností a její úroveň je tak určující pro sprint hráče (Gouveia et al., 2023). Práce horních končetin a jejich silová úroveň se významně promítá do celkového pohybového výkonu hráče. Výzkum, který je z největší části limitovaný nízkým počtem probandů, doporučujeme pro navazující výzkumné účely rozšířit o větší počet probandů. Do sledovaného souboru by mohli být zařazeni probandi stejné věkové kategorie z dalších fotbalových klubů, náš výzkum byl limitovaný pouze na jednu výkonnostní kategorii z jednoho klubu. Porovnání by mohlo probíhat na základě stejné nebo jiné ligové úrovně. Dalším limitem práce bylo testování pouze izometrické síly horních končetin a trupu. Aplikováno by mohlo být také testování izokinetické síly či dalších silových testů v rámci síly horních končetin a trupu. Jako další indikátor silové asymetrie bychom mohli použít herní posty, protože se silové asymetrie vyskytují také v závislosti na nich. Přínosem do budoucna by mohlo být srovnání silové asymetrie v závislosti na pohlaví, nebo právě výskytem a typem zranění v elitním fotbale.

## 6.1 Praktické doporučení práce

Od výsledků práce, které ukázaly silovou asymetrii ve prospěch dominantní strany, by se měly odvíjet optimálně zvolená kompenzační cvičení cílená na snížení míry této asymetrie. Cvičení by měla být zařazována pravidelně v rámci kondiční silové přípravy hráčů. Také by měla být v co největší míře individualizovaná vzhledem k míře asymetrie každého hráče. Ke korekci silové asymetrie je důležité zařazovat unilaterální varianty cvičení, kdy je nedominantní strana nucena vykonat pohyb bez kompenzační pomoci strany dominantní. Zároveň je kladen větší nárok na aktivaci a koordinaci svalů středu těla, které musí vytvořit stabilitní oporu, aby docházelo k pohybům strany vykonávající pohyb bez souhybů strany druhé. Pohyb hráče probíhá ve všech třech anatomických rovinách, a proto by měla cvičení pro zvýšení silové úrovně trupu tyto roviny zahrnovat. Cvičení dominantní na pohyb anti-laterální flexe ve frontální rovině je např. izometrická výdrž ve vzpor ležmo na boku (boční plank) nebo farmářská chůze se zátěží v jedné ruce. Pro silový rozvoj v rovině transverzální se využívají anti-rotáčnická cvičení jako jsou různé varianty Paloff Pressu či Wood Chopu s kladkou. Své místo by měla mít i cvičení v anti-

extenzi trupu, přestože se většina pohybů odehrává převážně v rovině sagitální. Využit můžeme variantu Dead Bug Pullover nebo Rollout ve vzporu ležmo (plank) na gymnastickém míči. Cvičení pro budování silové kapacity horních končetin by měla obsahovat variantu tahu a tlaku. Z přitahových cvičení můžeme zařadit např. Half Kneeling Single Cable Row, které je zároveň unilaterální typem cvičení. Z tlakových cvičení je vhodnou variantou Standing Landmine Press, který nevyžaduje vysoké nároky na mobilitu ramenního kloubu. Prostřednictvím dynamických odhodů medicinbalu lze při házení budovat explozivní sílu horních končetin.

## 7. Závěr práce

Pro fotbal je charakteristické částečné asymetrické zatížení, které podle výsledků bakalářské práce může u mladých hráčů vést ke vzniku silových asymetrií v oblasti trupu. K testování v této práci bylo vybráno 18 mladých hráčů v kategorii U16, kteří se aktivně věnují fotbalu na elitní úrovni. Hlavním cílem bylo analyzovat silovou bilaterální asymetrii horních končetin a trupu a určit jejich vzájemný vztah. Nulovou hypotézu jsme v této práci nepotvrdili, protože pohybový stereotyp ve fotbale způsobuje silovou asymetrii ve prospěch dominantní strany těla. Hypotézu 1 jsme potvrdili, jelikož jsme našli středně silný korelující vztah mezi absolutní silou dominantní strany trupu a horní končetiny. Výsledky síly rotace trupu ukázaly, že dominantní strana těla dosáhla signifikantně vyššího výsledku v absolutní síle a také v relativní síle. Tímto potvrzujeme Hypotézu 2. Hypotézu 3 také potvrzujeme, jelikož při testu Handgrip bylo zjištěno, že dominantní strana těla dosáhla signifikantně vyššího výsledku v relativní síle. Zvýšenou míru (>10 %) bilaterální asymetrie v důsledku pohybového stereotypu hráčů můžeme včasné identifikovat pravidelným testováním různých parametrů silových schopností. Zařazením adekvátních kompenzačních cvičení lze pozitivně ovlivnit jednostranné přetížení dominantní strany se současným snižováním rizika zranění. Výzkum je limitovaný nízkým počtem probandů, kteří hrají ve stejném fotbalovém klubu. Pro další výzkum doporučujeme sledovaný soubor rozšířit. Výsledky práce mohou trenérům a dalším studentům poskytnout normy pro hodnocení a srovnání úrovní výkonů mladých hráčů fotbalu v kategorii U16 a také upozornit na důležitost rozvoje silových schopností trupu a horních končetin i ve fotbale.

## Seznam použité literatury

- 1) ABDALLAH, A., HEGAZY, M. Prediction of Knee Injury in Professional Soccer Players Using Core Endurance and Strength: A Cross-section Study. *Sport Mont*, 2021.
- 2) ALEXANDER, R. Complete Conditioning for Soccer. Champaign: Human Kinetics, 2020, 248 s. ISBN 978-1492594338.
- 3) ANDRÝSEK, J., FRÝBORT, P. Využití programu Instat při analýze Synot ligy v sezoně 2014/2015. *Fotbal a trénink*, 2015, 16-18 s. ISSN 1212-3390.
- 4) AUERBACH, B., RUFF, CH. Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. *Journal of human evolution*, 2006, 50.2.
- 5) BAE, J., KIM, D., SEO, K. Asymmetry of the Isokinetic Trunk Rotation Strength of Korean Male Professional Golf Players. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 2012.
- 6) BAHENSKÝ, P., TLUSTÝ, P., MARKO, D., VEITHOVÁ, L. Svalová, silová a odrazová asymetrie u mladých fotbalistů. *The Scientific Journal for Kinanthropology*. *Studia Kinanthropologica*, XXII, 2021, (2-3), 95-103 s.
- 7) BAHR, R., DVOŘÁK, J., JUNGE, A. Manuál fotbalové medicíny. První vydání. Praha: Olympia, a. s., 2008. 226 s. ISBN 978-80-7376-080-9.
- 8) BANGSBO, J. The physiology of soccer – With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1994 Supplementum, 619, 1-155 s.
- 9) BANGSBO, J., NORREGAARD, L., THORSOE, F. Activity profile of competition soccer. *Canadian journal of sport sciences*, 1991, 16(2), 110-116 s.
- 10) BAUER, G. Hrajeme fotbal. České Budějovice: KOPP, 2006. 128 s. ISBN 80-7232-277-X



- 11) BRENNER, B., EISENBERG, E. The mechanism of muscle contraction. Biochemical, mechanical and structural approaches to elucidate cross-bridge action in muscle. *Basic Res Cardiol*, 1987.
- 12) BURGESS, D., NAUGHTON, G., NORTON, K. Profile of movement demands of national football players in Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2006, 9(4), 334-341 s.
- 13) BURSOVÁ, M. Kompenzační cvičení: uvolňovací, protahovací, posilovací. Praha: Grada Publishing, 2005. 196 s. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-0948-2.
- 14) BURSOVÁ, M., VOTÍK, J., ZALABÁK, J. Kompenzační cvičení pro fotbalisty. Praha: Olympia, 2003. ISBN 807-03-3793-1.
- 15) CACEK, J., GRASGRUBER, P. Sportovní geny. Brno: Computer Press, a.s., 2008. ISBN 978-80-251-1873-3.
- 16) CERVANTES, CH. Types of contraction [foto]. In: Clientel3.com [on-line]. 26. 1. 2022 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.clientel3.com/2022/01/types-of-contractions/>
- 17) COLE, S., HULSE, C, STULL, K. The effects of skeletal asymmetry on accurate sex classification. *Sex Estimation of the Human Skeleton*. Academic Press, 2020, 19, 307-325 s. ISBN 9780128157671.
- 18) ČELIKOVSKÝ, S. Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu: celostátní vysokoškolská učebnice pro posluchače fakult tělesné výchovy a sportu. 3., přepracované vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. 286 s. ISBN 80-04-23248-5.
- 19) ČERMÁK J., BOTLÍKOVÁ, V., CHVÁLOVÁ, O. Závažná už mě nebolí. Praha: Jan Vašut, 1998. 144 s. ISBN 80-7236-065-5.
- 20) ČIHÁK, R. Anatomie 1. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2011. 552 s. ISBN 978-80-247-3817-8.

- 21) DI SALVO, V., BARON, R., TSCHAN, H., MONTERO, C., BACHL, N., PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*, 2007, 28(3), 222-227 s.
- 22) DOVALIL, J., et al. Výkon a trénink ve sportu. Praha: Olympia, 2009, 336 s. ISBN. 978-80-7376-326-8.
- 23) DOVALIL, J., CHOUTKA, M. Výkon a trénink ve sportu. 4. vydání. Praha: Olympia, 2012, 331 s. ISBN 978-80-7376-326-8.
- 24) DVOŘÁK, R. Některé teoretické poznámky k problematice otevřených a uzavřených biomechanických řetězců. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2005, 12.1., 12-17 s., ISSN 1211-2658.
- 25) DYLEVKÝ, I. Funkční anatomie. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2009. 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
- 26) EKSTRAND, J., HÄGGLUND, M., TÖRNQVIST, H., KRISTENSON, K., BENGTSSON, H., HEDEVİK, H., WALDÉN, M. Upper extremity injuries in male elite football players. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* Springer-Verlag, 2012.
- 27) EVANS, James D. *Straightforward statistics for the behavioral sciences.* Thomson Brooks/Cole Publishing Co, 1996.
- 28) FAIGENBAUM, A., WESTCOTT, W. Youth Strength Training: Programs for Health, Fitness and Sport (Original edition). Human Kinetics, 2009
- 29) FOUSEKIS, K., TSEPIS, E., VAGENAS, G. Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2010, 9, 364-373 s.
- 30) FOUSEKIS, K., TSEPIS, E., VAGENAS, G. Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2010, 50.4, 465-474 s.
- 31) GOUVEIA, J., FRANCA, C., MARTINS, F., HENRIQUES, R. Characterization of Static Strength, Vertical Jumping, and Isokinetic Strength in Soccer Players

According to Age, Competitive Level, and Field Position. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 12 s.

- 32) HAMILL, J., KNUTZEN, K. M., DERRICK, T. R. Biomechanical Basis of Human Movement. 4th edition. Wolters Kluwer health, 2009. ISBN 978-1-4511-7730-5.
- 33) HAVLÍČKOVÁ, L. Význam excentrické kontrakce pro posturu. Rehabilitace a fyzikální lékařství. Praha: Česka lékařská společnost J. E. Purkyně, 1999. ISSN 1803-6597.
- 34) HIBBS, A., THOMPSON, K., FRENCH, D., WRIGLEY, A., SPEARS, I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports medicine*, 2008, 38(12), 995-1008 s.
- 35) HONOVÁ, K. Asymetrická funkční nestabilita kyčelního kloubu u hráčů fotbalu- diagnostika a výstupy pro praxi. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 2017, 26 (4), 188–196 s.
- 36) HOŠKOVÁ, B., MATOUŠOVÁ, M. Kapitoly z didaktiky zdravotní tělesné výchovy pro studující FTVS UK. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2007. 135 s. ISBN 978-80-246-1392-5.
- 37) HOŠKOVÁ, B. Kompenzace pohybem. 1. vydání. Praha: Olympia, a.s., 2003. 64 s. ISBN 8070337877.
- 38) CHAN HA, Y., YOO, J., JIN PARK, Y., LEE, CH., PARK, KI. Ruční dynamometr (Takei A5401, Japonsko) [foto]. In: *Journal of Bone Metabolism. Measurement of Uncertainty Using Standardized Protocol of Hand Grip Strength Measurement in Patients with Sarcopenia* [online]. 2018
- 39) CHOMIAK, J. Manuál fotbalové medicíny. Praha: Olympia, a. s., 2008. 226 s. ISBN 978-80-7376-080-9.
- 40) JEBAVÝ, R. Význam cvičení na hluboký stabilizační systém při nespecifické přípravě talentované mládeže. In: PERIČ, T., SUCHÝ, J. Identifikace sportovních talentů. Praha: Karolinum, 2010. 247 s. ISBN 978-80-246-1881-4.

- 41) JEBAVÝ, R., ZUMR, T. Posilování s balančními pomůckami. 1. vydání. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2802-5.
- 42) JEBAVÝ, R., ZUMR, T. Posilování s balančními pomůckami. Druhé vydání rozšířené o TRX. Praha: Grada Publishing, 2014. 216 s. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-5130-6
- 43) JIRKA Z. Regenerace a sport, 1.vyd. 1990. Praha: Olympia. ISBN 80-7033-052-X
- 44) KANNUS, P. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation, 1994. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 11-18 s.
- 45) KIM, J., OH, H., LEE, J., CHA, J. Rotace trupu [foto]. In: The effect of inversion traction on pain sensation, lumbar flexibility and trunk muscles strength in patients with chronic low back pain [on-line]. 2013
- 46) KIRKENDALL, D. Fotbalový trénink. Praha: Grada Publishing, 2013. 220 s. Sport extra. ISBN 978-80-247-4491-9.
- 47) KODRAS, D. Nedostatečnost ve sportovní přípravě – fotbal. [on-line], 2017, [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.staca.cz/nedostatecnost-ve-sportovni-priprave-fotbal/>.
- 48) KOHLÍKOVÁ, E. Fyziologie člověka: učební texty pro trenérskou školu FTVS UK v Praze. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2004. ISBN 80-86317-31-5.
- 49) KOLÁŘ, P. aj. Rehabilitace v klinické praxi. 1. vydání. Praha: Galén, 2009. 713 s. ISBN 978-80-7262-6571.
- 50) KOLÁŘ, P. Rehabilitace v klinické praxi. 1. vydání. Praha: Galén, 2009. 713 s. ISBN 978-80-7262-6571.
- 51) KOLÁŘ, P., LEWIT, K. Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží. *Neurologie pro praxi*, 2005, 5, 270-275 s. ISSN 1803-5280.

- 52) KRIŠTOFIČ, J. *Gymnastické posilování: motoricko-funkční příprava*. 1. vydání. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2014. 160 s. ISBN 978-80-87647-15-8.
- 53) KRUSTRUP, P., MOHR, M., ELLINGSGAARD, H., BANGSBO, J. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2005, 37(7), 1242-1248 s.
- 54) KRYZKAŁA, M. Dxa as a Tool for the Assessment of Morphological Asymmetry in Athletes. *Dual Energy XRay Absorptiometry*. InTechOpen, 2012. ISBN 978-953-51-6742-6.
- 55) KRYZKAŁA, M., LESZCZYŃSKI, P. Asymmetry in body composition in female hockey players. *Journal of Comparative Human Biology*, 2015, 66(4), 379-386 s. ISSN 0018-442X.
- 56) KUJANOVÁ, M., BIGONI, L., VELEMÍNSKÁ, J., VELEMÍNSKÝ, P. Limb Bones Asymmetry and Stress in Medieval and Recent Populations of Central Europe. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2008, 18(5), 476-491 s.
- 57) LEDERMAN., E. The Myth of Core Stability. *CPDO Online Journal*, 2007, 1-17 s.
- 58) LEE, S., JO, M. Comparison of maximum voluntary isometric contraction of the biceps on various posture and respiration conditions for normalization of electromyography data. *The Journal of Physical Therapy Science*, 2016.
- 59) LEHNERT, M. a kol. *Trénink kondice ve sportu*. 1. vydání. Olomouc: UP, 2010. ISBN 978-80-244-2614-3.
- 60) LEVITOVÁ, A., HOŠKOVÁ, B. *Zdravotně-kompenzační cvičení*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2015. 112 s. ISBN 978-80-247-4836-8.
- 61) LEVITOVÁ, A., HOŠKOVÁ, B. *Zdravotně-kompenzační cvičení*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2015. 112 s. ISBN 978-80-247-4836-8.

- 62) LUO, S. et al. Effect of core training on skill-related physical fitness performance among soccer players: A systematic review. *Front Public Health*, 2023.
- 63) MALÝ, T., ZAHÁLKA, F., MALÁ, L., TEPLAN, J. Isokinetic strength of knee flexors and extensors in very young soccer players. *British journal of sports medicine*, 2013, 47.10.
- 64) MANTHEY, L., OUSLEY, S. Geometric morphometrics. Statistics and Probability in Forensic Anthropology. Academic Press, 2020, 5.3, 289-298 s. ISBN 9780128157640.
- 65) MARKOVIC, G., ŠARABON, N., PAUSIC, J., HADŽIC, V. Adductor muscles strength and strength asymmetry as risk factors for groin injuries among professional soccer players: A prospective study. *International journal of environmental research and public health*, 2020, 17(14).
- 66) MĚKOTA, K., NOVOSAD, J. Motorické schopnosti. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. 175 s. ISBN 80-244-0981-20.
- 67) MIESSNER, W. Domácí posilování. 1. vydání. České Budějovice: KOPP, 2004. ISBN 80-7232-244-3.
- 68) MOHR, M., KRUSTRUP, P., BANGSBO, J. Match performance of high – standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 2003, 21(7), 519-528 s.
- 69) MOUREK, J. Fyziologie. Učebnice pro studenty zdravotnických oborů. 2., doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2012. 224 s. ISBN 978-80-247-3918-2.
- 70) NEESS, A. Aktivace APS v průběhu fotbalového kopu [foto]. In Pinterest.com [on-line] [cit. 2023-05-26] Dostupné z: <https://www.pinterest.es/pin/slings--7107311898843047/>.
- 71) NEMATI, N., DANESHMANDI, H. Evaluation of the association of strength, flexibility, and aerobic power with sport Injuries in soccer players. *Tabari Biomedical Student Research Journal*, 2017.

- 72) NESSER, T., LEE, W. The relationship between core strength and performance in Division I female soccer players. *Journal of exercise physiology*, 2009.
- 73) PALMER, A. R. Fluctuating asymmetry analyses: a primer. Developmental instability: its origins and evolutionary implication. Springer Netherlands, 1994, 335-364 s.
- 74) PERIČ, T., DOVALIL, J. Sportovní trénink. Praha: Grada Publishing, 2010. 160 s. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-6842-7.
- 75) PETR, M., ŠŤASTNÝ, P. Funkční silový trénink. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012, 212 s. ISBN 978-80-86317-93-9.
- 76) PILNÝ, J., ČIŽMÁŘ, I., PIKULA, R., VIŠŇA, P. Prevence úrazů pro sportovce. První vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2007. 104 s. ISBN 978-80-247-1675-6.
- 77) PSOTTA, R. Fotbal: kondiční trénink: moderní koncepce tréninku, principy, metody a diagnostika, teorie sportovního tréninku. Praha: Grada, 2006. 219 s. ISBN 80-247-0821-3.
- 78) PSOTTA, R., BUNC, V., NETSCHER, J., MAHROVÁ, A., NOVÁKOVÁ, H. Fotbal: kondiční trénink. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2006. 220 s. ISBN 80-247-0821-3.
- 79) ROKYTA, R. Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-4867-2.
- 80) RYNKIEWICZ, M., RYNKIEWICZ, T., ŽUREK, P., ZIEMANN, E., SZYMANIK, R. Asymmetry of muscle mass distribution in tennis players. *Trends in Sports Sciences*, 2013, 1(20), 47-53 s. ISSN 2299-9590.
- 81) SANDERSON, M. Soft Tissue Release. Corpus Publishing, 2000. 110 s. ISBN 1-903333-00-8.
- 82) SANNICANDRO, I., COFANO, G., ROSA, R. A., PICCINNO, A. Balance Training Exercises Decrease Lower-Limb Strength Asymmetry in Young Tennis Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2014, 13(2), 397-402 s.

- 83) SANTANA, J., MCGILL, S., BROWN, L. Anterior and Posterior Serape. *Strength and Conditioning Journal*, 2015, 37(5), 8-13 s.
- 84) SEDLÁČEK, J., LEDNICKÝ, A. Kondičná atletická príprava. Vybrané kapitoly. Bratislava: Slovenská vedecká spoločnosť pre TV a šport, 2010. 167 s. ISBN 978-80-89075-34-8.
- 85) SCHMIDTBLEICHER, D. Training fro power events. *The Encyclopedia of Sport Medicine*, 1992, 3, 169-179 s.
- 86) SILVA, J. R. L. C., DETANICO, D., PUPO, J. D., FREITAS, C. 2015. Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer players u 20 category. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2015, 17(2), 195-204 s.
- 87) SINHA, S, MILI, A. The effectiveness of core stability to improve motor skills among football players. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education* [on-line], 2021, 6(1), 209-213 s., [cit. 2023-05-23]. ISSN 2456-0057.
- 88) STACKEOVÁ, D. Cvičení na bolavá záda. Druhé, rozšírené a doplnené vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. 200 s. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-271-0411-6.
- 89) STACKEOVÁ, D. Cvičení na bolavá záda. Druhé, rozšírené a doplnené vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. 200 s. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-271-0411-6.
- 90) Stavba kosterního svalů [foto]. In: Latinsky.estranky.cz [on-line]. [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <http://www.latinsky.estranky.cz/fotoalbum/svalova-soustava/svalova-soustava/svalstavba.jpg.html>
- 91) STIFF, M. Supertraining. Denver, USA: Supertraining Institute, 2014. ISBN 1-874856-65-6.
- 92) STOLEN, T., CHAMARI, K., CASTAGNA, C., WISLOFF, U. Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 2005, 35(6), 501-536 s.



- 93) STOPPANI, J. Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány: 255 posilovacích cviků. Praha: Grada, 2008, 440 s. Sport extra. ISBN 978-80-247-2204-7.
- 94) SUCHOMEL, T. Stabilita v pohybovém systému a hluboký stabilizační systém: Podstata a klinická východiska. *Rehabilitační a fyzikální lékařství*, 2006, 13(3), 112-124 s. ISSN 1805-4552.
- 95) THURGOOD, G., PATERNOSTER, M. Core trénink. Praha: Slovart, 2014. 224 s. ISBN 978-80-7391-851-4.
- 96) TIERNEY, P., YOUNG, A., CLARKE, N., DUNCAN, M. Match play demands of 11 versus 11 professional football using Global Positioning System tracking: Variations across common playing formations. *Human movement science*, 2016.
- 97) TLAPÁK, P. Tvarování těla pro muže a ženy. 6. vydání. Praha: Ars-ci, 2007. ISBN 978-80-86078-72-4.
- 98) VAN VALEN, L. A Study of Fluctuating Asymmetry. *Evolution*. The society for the study of evolution, 1962, 16(2), 125-142 s.
- 99) VAŘEKA, I., VAŘEKOVÁ, R. Kineziologie nohy. Olomouc: Univerzita Palackého. 2009, 189 s. ISBN 978-80-24424-32-3.
- 100) VÉLE, F. Kineziologie pro klinickou praxi. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 1997. 272 s. ISBN 80-7169-256-5.
- 101) VERNILLO, G., PISONI, C., THIEBAT, G. Strength asymmetry between front and rear leg in elite snowboard athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2016, 26(1), 83-85 s.
- 102) VURZEL, J. Na rotaci záleží – TRX RIP trainer. [on-line], 2021, [cit. 2023-06-03]. Dostupné z: <https://3dfa.cz/akademie-magazin/na-rotaci-zalezi-trx-rip-trainer>.
- 103) WEINECK, J. Wie verbessere ich die Kraft. Fussballtraining, 1995, 8 s.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Hierarchické uspořádání motorických schopností .....	11
Obrázek 2: Stavba kosterního svalu.....	14
Obrázek 3: Typy svalových kontrakcí .....	18
Obrázek 4: Hluboký stabilizační systém páteře (HSSP) .....	34
Obrázek 5: Souhra svalů hlubokého stabilizačního systému páteře (HSSP) páteře vytvářející nitrobřišní tlak.....	34
Obrázek 6: Uspořádání svalů v rámci APS.....	38
Obrázek 7: Aktivace APS v průběhu fotbalové kopu .....	39
Obrázek 8: Testování síly rotace trupu .....	43
Obrázek 9: Ruční dynamometr Takei, A5401, Japonsko.....	44

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Charakteristika probandů .....	42
Tabulka 2: Výsledky síly rotace trupu .....	46
Tabulka 3: Výsledky v Handgripu .....	49
Tabulka 4: Výsledky rotace trupu vs. Handgrip .....	50

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Výsledky dominantní a nedominantní strany v absolutní síle rotace trupu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg).....	45
Graf 2: Výsledky dominantní a nedominantní strany v relativní síle rotace trupu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg) .....	46
Graf 3: Procentuální rozdíl silové asymetrie mezi dominantní a nedominantní stranou trupu (osa x – číslo probanda; osa y – %).....	47
Graf 4: Výsledky dominantní a nedominantní strany v absolutní síle Handgripu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg) .....	48
Graf 5: Výsledky dominantní a nedominantní strany v relativní síle handgripu (osa x – číslo probanda; osa y – hodnoty síly v kg) .....	49
Graf 6: Procentuální rozdíl silové asymetrie mezi dominantní a nedominantní HK (osa x – číslo probanda; osa y – %).....	50

## SEZNAM PŘÍLOH

<b>Příloha 1</b> - Vyjádření etické komise UK FTVS.....	71
<b>Příloha 2</b> - Informovaný souhlas.....	73

## 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:** Silová asymetrie horních končetin a trupu u mladých elitních hráčů fotbalu

**Forma projektu:** výzkumná práce - diplomová práce

**Období realizace:** květen 2023 – červen 2023

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

**Předkladatel:** Bc. Linda Haisová

**Hlavní řešitel:** Bc. Linda Haisová

**Místo výzkumu (pracoviště):** Laboratoř sportovní motoriky UK FTVS

**Spoluřešitel(é):** nejsou

**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** PhDr. Mikuláš Hank, Ph.D.

**Finanční podpora:-**

**Popis projektu:** Ve své diplomové práci se budu zabývat vyhodnocením úrovně izometrických silových schopností horních končetin a trupu a jejich vzájemným vztahem vzhledem k silové asymetrii.

Tento projekt bude mít formu observační průřezové studie. Sběr dat bude zajištěn výhradně laboratorně na půdě FTVS UK v Laboratoři Sportovní Motoriky pod dohledem odborného personálu laboratoře. Sběr dat izometrických parametrů síly trupu bude prováděn na standardizovaném izokinetickém dynamometru Cybex Humac Norm (Cybex NORM®, Humac, CA, USA). Pro zjištění úrovně izometrických parametrů silových schopností horních končetin bude digitální ruční dynamometr (Takei A5401, Japonsko)

**Charakteristika účastníků výzkumu:** Předpokládaný počet účastníků je 20. Probandi projektu spadají do věkové kategorie U16, kteří mají platnou zdravotní prohlídku bez omezení způsobilosti k pohybovým aktivitám. Neplnoletým subjektům bude předem poskytnut informovaný souhlas pro rodiče; resp. zákonné zástupce, který bude obsahovat popis zkoumaných procedur a informací o zpracování osobních a výzkumných dat. Bude se jednat o skupinu mladých elitních sportovců, kteří se věnují fotbalu na elitní úrovni. Do výzkumu budou přijati všichni probandi, kteří aktivně a soutěžně sportují ve svých specifických klubech a v době měření v plném rozsahu absolvují tréninkový nebo soutěžní proces. Do projektu nebudou zařazeni ti, kteří v době měření budou mít doporučeno přerušení sportovní činnosti z důsledku jakékoli nemoci a lékařského doporučení: příp. nařazení, nebo předepsané medikace, která omezuje sportovní aktivitu, s akutním (zejména infekční) onemocněním či v úrazu, dále jakékoli potvrzení o chronickém a patologickém nálezu v oblasti trupu a horních končetin, který znemožňuje bezpečné vykonávání fyzické aktivity a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu. Vedoucí práce a hlavní řešitelka budou vybírat probandy do výzkumu.

Účastníci výzkumu budou osloveni skrz svého trenéra, který bude souhlasit s realizací výzkumu v klubu prostřednictvím zaslání e-mailu, viz příložené Pozvání k účasti. Kontakt na trenéra hráčů mi byl poskytnut LSM UK FTVS, kde probíhá pravidelné testování hráčů fotbalu. Účast jednotlivých sportovců je zcela dobrovolná a každý z nich může účast odmítnout, případně z účasti kdykoliv během vyplňování odstoupit.

**Zajištění bezpečnosti:** Jedná se o neinvazivní metodu výzkumu. Bezpečnost v procesu testování bude zajištěno dohledem odborných laboratorních pracovníků. Isometrické metody hodnocení silových schopností jsou jedny z nejvíce bezpečných metod v kontrolovaném fyziologickém rozsahu pohybu (hranice rozsahu pohybu jsou zabezpečeny pomocí bezpečnostních pojistek nastavených pro každý subjekt individuálně. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Rizika budou minimalizována informováním všech účastníků o bezpečném provedení testů a vhodným rozcvičením před testy. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

**Etické aspekty výzkumu:** Ve výzkumu nebudou přítomni jedinci z vulnérabilních (zranitelných) skupin, kromě neplnoletých jedinců ve věku 16 let. Přínos pozorování adolescentů je velmi velký z hlediska hledání indikátorů souvisejících se silovými schopnostmi trupu a horních končetin pro predikci možného nástupu zvýšené míry silových asymetrií a následně zvýšení rizika zranění ve fotbalu.

**Potenciální střet zájmů:** Neexistuje žádná skutečnost, která by ovlivnila objektivitu a integritu prováděného výzkumného projektu. Žádný z řešitelů projektu nemá soukromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu žádného člena z týmu. Všichni členové týmu mají povinnost objektivně hodnotit a zpracovat všechny anonymní data. Jedná se o čistě vědeckou diplomovou práci, která nemá žádného zadavatele. Nemám soukromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu.

Výsledky projektu budou zpracovány běžným analytickým a evaluačním procesem vědeckého charakteru a následně publikovány v impaktovaných zahraničních žurnálech s cílem obohatit vědecké poznání. Komparace dat bude na široké úrovni, jelikož se jedná o hledání asociací, ale v každém případě zcela anonymní jak pro individuální subjekty, tak pro celé kluby.

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, výška, hmotnost a data získaná z výše uvedených metod, která budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze řešitel Bc. Linda Haisová a vedoucí práce Ph.Dr. Mikuláš Hank, Ph.D. Jednotlivce budeme evidovat pod číselnými kódy. 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.

Požíování fotografií/video/audionahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, audionahrávky ani videozáznamy.

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

**Text informovaného souhlasu (IS):** příložen

Povinnosti 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. Potvrzuji, 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: 9. 5. 2023

Podpis předkladatele: *Haisová*

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

### Vyjádření Etické komise UK FTVS

**Složení komise:** Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martínková, 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: ..... *118/2023* .....

dne: ..... *10. 5. 2023* .....

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

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

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6  
- 20 -

*[Podpis]*  
podpis předsedkyně EK UK FTVS



## **Příloha 2 - Informovaný souhlas**

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 – Veleslavín

### **INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 118/2023**

Vážení 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 syna ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem: Silová asymetrie horních končetin a trupu u mladých elitních hráčů fotbalu. Výzkum se uskuteční v Laboratoři sportovní motoriky UK FTVS.

**Období realizace:** květen 2023 – červen 2023

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

Ve své diplomové práci se budu zabývat vyhodnocením úrovně izometrických silových schopností horních končetin a trupu a jejich vzájemným vztahem vzhledem k silové asymetrii.

Tento projekt bude mít formu observační průřezové studie. Testování bude prováděno v Laboratoři sportovní motoriky pod dohledem odborného personálu laboratoře. Sběr dat izometrických parametrů síly trupu bude prováděn na standardizovaném izokinetickém dynamometru Cybex Humac Norm (Cybex NORM®, Humac, CA, USA). Testovaný bude ve stoji s fixovanou spodní částí těla, bude se snažit postupně narůstající svalovou silou horních končetin v předpažení a trupu izometricky přetlačit kovové lanko, které bude nataženo z boku. Test probíhá ve 3 pokusech na pravou a levou stranu.

Pro zjištění úrovně izometrických parametrů silových schopností horních končetin bude použit digitální ruční dynamometr (Takei A5401, Japonsko). Jedná se o maximální stisk pravé i levé horní končetiny. Test bude probíhat ve dvou pokusech (cca 3 s každý) s krátkým odpočinkem mezi nimi.

Celková časová náročnost testování nepřesáhne 10 minut.

Váš syn bude testován ve sportovním oblečení a vhodné sportovní obuvi. Před samotným testováním se optimálně rozcvičí – ukázka a kontrola správného technického provedení pod odborným dohledem. Během testování bude přítomen a bezpečnost bude zajišťovat hlavní trenér a jeho asistent. Testování bude prováděno neinvazivní metodou. Rizika spojená s testováním nepřesáhnou rizika očekávaná u běžného tréninku a cvičení, které jsou testování zvyklí vykonávat

pravidelně v rámci tréninků. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem a přítomným fyzioterapeutem.

Do výzkumu budou přijati všichni probandi, kteří aktivně a soutěžně sportují ve svých specifických klubech a v době měření v plném rozsahu absolvují tréninkový nebo soutěžní proces. Do projektu nebudou zařazeni ti, kteří v době měření budou mít doporučeno přerušování sportovní činnosti z důsledku jakékoli nemoci a lékařského doporučení; příp. nařízení, nebo předepsané medikace, která omezuje sportovní aktivitu, dále jakékoli potvrzení o chronickém a patologickém nálezů v oblasti trupu a horních končetin, který znemožňuje bezpečné vykonávání fyzické aktivity.

Účast Vašeho syna je v tomto projektu dobrovolná a není 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: [linda.haisova@atlas.cz](mailto:linda.haisova@atlas.cz)

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, výška, hmotnost, data získaná z výše uvedených metod, která budou bezpečně uchována na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze řešitel Bc. Linda Haisová a vedoucí práce PhDr. Mikuláš Hank, Ph.D. Jednotlivce budeme evidovat pod číselnými kódy. 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.

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

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Linda Haisová

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Linda Haisová Podpis:  
.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí svého syna 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 můj syn má**

**platnou sportovní prohlídku bez omezení ke 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:  
.....