

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Vztah maximální výstupní síly měřené v izokinetickém režimu a pomocí leg pressu u
hráčů fotbalu U15- U17

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce:

PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.

Praha, duben 2018

Vypracoval:

Ivan Baratynskyy

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil.

V Praze dne

Ivan Baratynskyy

Evidenční list

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

Jméno a příjmení: Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat PhDr. Petru Šťastnému, Ph.D. který díky svým radám a vedení přispěl k napsání této bakalářské práce.

Abstrakt

Název: Vztah maximální výstupní síly měřené v izokinetickém režimu a pomocí leg pressu u hráčů fotbalu U15 -U 17.

Cíle: Zjistit vzájemnou závislost mezi maximální silou a izokinetickou silou v různých rychlostech kontrakce dolních končetin u hráčů fotbalu.

Metody: Ve své práci jsem použil metody měření a porovnávání. Měření bylo provedeno na leg pressu a dynamometru Cybex. Na leg pressu se zkoumala maximální síla a na dynamometru Cybex výkon flexe a extenze kolenního kloubu při těchto rychlostech $180^{\circ}\cdot s^{-1}$, $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $300^{\circ}\cdot s^{-1}$. Analýza výsledků se uskutečnila v Excelu pomocí Personova korelačního koeficientu. Všechny metody měření byly použity u hráčů fotbalu ve věku 15-17 let.

Výsledky: První hypotéza, že výsledky z leg-pressu budou korelovat s výsledky dosažených na Cybexu se potvrdila v případě vyšších rychlostí $180^{\circ}\cdot s^{-1}$, $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $300^{\circ}\cdot s^{-1}$. Tato skutečnost se potvrzovala i u jiných studií s podobným zkoumáním. Druhá hypotéza vycházela ze vztahu poměru hamstringu a kvadricepsu a její korelace s výsledky dosaženými na dynamometru Cybex. Tato hypotéza se nepotvrdila a dosažené hodnoty vzájemných vztahů byly malé. Při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ na dynamometru Cybex byly nejvyšší hodnoty korelací s maximální silou u flexe a extenze kolenního kloubu pravé dolní končetiny 0,24 a 0,22. Při zvýšení rychlosti na hodnotu $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ se snížily hodnoty na triviální a tudíž zanedbatelné.

Klíčová slova: Silové schopnosti, leg-press, Cybex, Opakovací maximum

Abstract

Title: Relationship between the maximum isokinetic strength and one repetition maximum leg press in soccer players U15- U17.

Objectives: Determine whether it exist dependence between maximum strength leg press and isokinetics of the lower limbs of football players.

Methods: In my work I used methods of measurement and comparison. The measurements were made on the leg press and the Cybex dynamometer. On the leg press, the maximum force was examined and the Cybex dynamometer measured flexing and extension of knee joint at different speeds. Comparison of results was done in Excel using Person's correlation coefficient.

Results: My first hypothesis that leg-press results will correlate with Cybex results has been confirmed at higher speeds. This fact was confirmed in other studies with similar research. The second hypothesis was based on the relationship of the h / q ratio and its correlation with the results achieved on the Cybex dynamometer. This hypothesis was not confirmed and the values achieved were very low.

Key words: Strength capabilities, leg-press, Cybex, repetition maximum

Obsah

Abstrakt	6
2.1 Charakteristika silových schopností.....	9
2.1.1 Význam silových schopností.....	9
2.1.2 Schopnost vyvíjet svalovou sílu.....	10
2.1.3 Charakteristika jednotlivých faktorů ovlivňující sílu.....	11
2.1.4 Charakteristika silových schopností ve fotbale.....	15
2.2 Rozdělení silových schopností.....	15
2.2.1 Podle typu kontrakce.....	15
2.2.2 Dělení síly z pohledu sportovního tréninku	16
2.2.3 Metodotvorné komponenty pro trénink síly.....	19
2.2.4 Metody rozvoje silových schopností.....	23
2.2.5 Vývojové zákonitosti a rozvoj silových schopností.....	35
2.2.6 charakteristika vývojových zákonitostí.....	35
2.1.7 Testování silových schopností	38
3. Praktická část	39
3.1. Cíle práce	39
3.1.2 Úkoly práce	39
3.1.3 Hypotézy	39
3.2 Metodika práce.....	39
3.2.1 Popis skupin	40
3.2.2 Použité metody.....	40
3.2.3 Sběr dat.....	43
3.2.4 statistická analýza dat.....	43
4. Výsledky	44
5. Diskuze	50
6. Závěr	60
Seznam použité literatury.....	61
Seznam tabulek obrázků a grafů	66
Přílohy.....	67

1. Úvod

Téma této bakalářské práce, zkoumání závislosti maximální síly a izokinetiky u hráčů fotbalu vzniklo na základě rozsáhlého měření, které proběhlo na fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Jelikož jsem studentem ftvs se specializací na fotbal a sám aktivně trénuji, tak jsem se rozhodl, že se budu podílet na tomto druhu měření. Měření se zúčastnili hráči fotbalu, a to konkrétně týmy Bohemians Praha 1905 a SK Motorlet Praha. Jednalo se o hráče U15, U16 a U17. Tedy ročníky, které figurují v dorostenecké nejvyšší soutěži ČR. Osobně jsem se účastnil většiny měření. Data se získala především z fyziologických testů a z výkonů, kterých každý jedinec dosáhl absolvováním funkčních testů. Výsledky tohoto rozsáhlého měření měly objasnit, jaké atributy spolu souvisejí, které se navzájem ovlivňují a které z nich předurčují fotbalistu k tomu, aby podával maximální výkon ve fotbalovém prostředí.

Ve své bakalářské práci hledám závislosti mezi maximální silou, kterou jsme naměřily na leg-pressu a výkonem pomocí izokinetického měření na speciálním dynamometru Cybex.

V teoretické části své bakalářské práce charakterizuji obecně podle dostupné tuzemské i zahraniční literatury silové schopnosti. Budu vycházet z obecného výkladu, který poté aplikuji do fotbalového prostředí. Kromě toho, že se budu zabývat obecnými předpoklady silových schopností, zaměřím se na vhodné prostředky pro rozvoj těchto atributů s následnou aplikací do fotbalu.

V praktické části se zaměřím na dosažené výsledky z měření dvou vybraných vlastností, tedy maximální síly v leg-pressu a maximálního výkonu izokinetickým měřením na dynamometru Cybex. Poté zhodnotím tyto výsledky a uvedu příklady dalšího využití ve fotbalovém prostředí. V závěru své práce dosažené výsledky porovnáám s výsledky podobných prací nebo studií.

2. Teoretická část

2.1 Charakteristika silových schopností

Jednou z nejdůležitějších vlastností všech sportovních her jsou silové schopnosti. Ve fotbale se uplatňuje během celého utkání v různých formách, jako například odraz a výskok do výšky, souboj s protihráčem nebo při střele. Projevuje se i při běžném běhu nebo sprintu. Nejvíce používané a rozšířené vyjádření síly je, že se jedná o silovou schopnost, kterou můžeme definovat jako způsobilost překonávat nebo udržovat vnější odpor, při které dochází ke svalové kontrakci (Dovalil, 2010). Další autoři, kteří se vyjádřili k problematice tvrdí, že sílu lze vyjádřit svalovým úsilím, které je schopno překonat vnější odpor (Zatsiorsky, 2006), pod pojmem síla člověka se rozumí schopnost překonávat nebo odolávat odporu, na úkor svalové síly (Platonov, 2004), schopnost při které dochází k překonávání vysokého vnějšího odporu zátěže nebo hmotnosti vlastního těla, za pomoci svalového úsilí a to dynamickým nebo statickým režimem svalové funkce (Pavlík, 1999), silová schopnost pomáhá realizovat pohybovou činnost, která udržuje nebo překonává vnější odpor podle předem zadaného pohybové úkolu (Gajda, 2004), silové schopnosti se považují za rozhodující a základní schopnost člověka, bez kterých se zbývající schopnosti nemohou při pohybové činnosti projevit (Čelíkovský, 1990).

Obecně lze říci, že se vždy jedná o překonávání určitého odporu pomocí činnosti svalů.

2.1.1 Význam silových schopností

Význam silových schopností si v posledních letech začíná uvědomovat většina trenérů v různých sportech na různé úrovni. Správné technické provedení pohybu a rychlost se pokládá za rozhodující faktor ve všech sportovních odvětvích. K tomu, aby se mohlo dosáhnout správného tréninkového efektu v tréninku, je nezbytná určitá úroveň silových schopností. Ať už z pohledu výkonu nebo prevence zranění (Dovalil, 2002). Ve fotbale celkový projev hráče nezáleží pouze jen na síle svalů nebo na tom jak rychle běhá, jedná se o mnohem komplikovanější činnost, ve které se projevuje velké množství faktorů, nehledě na to, že se neustále střídají a obměňují v průběhu celé hry. Síla v nesespecifickém podání, ještě nezaručuje úspěšné přenesení těchto vlastností na výkon v

utkáni. Psotta (2006) uvádí, více záleží na specifické svalové síle než na nespecifické, ale dodává, je důležité mít určitou úroveň obecné svalové síly. Z hlediska fyzikálního smyslu je schopnost kosterních svalů vyvíjet určitou sílu nezbytnou podmínkou pohybu ať už jeho částí nebo celého těla. Síla, která je tvořena svalovými kontrakcemi dohromady s rychlostí právě těchto kontrakcí udává, jak velký bude mechanický výkon, který vytváří určitá svalová soustava v pohybu. Bangsbo (2003) ve své knize píše o určitých omezeních při přenosu obecné síly do výkonu svalů ve specifických činnostech.

2.1.2 Schopnost vyvíjet svalovou sílu

Pokud se zaměříme na sestavování tréninkového plánu, který bude ovlivňovat silové schopnosti, je dobré vycházet z toho, jak tělo tuto sílu vyvíjí. Schopnost člověka vyvíjet svalovou sílu stanovují následující faktory podle (Psotta, 2006):

- nervové a nervosvalové faktory
- metabolické faktory
- mechanické faktory

Další autoři Zatsiorski (2006) a Petr (2012) píší, že schopnost vytvořit svalovou sílu záleží na:

- periferních faktorech (jsou určeny nejvyšší silovou kapacitou dílčích svalů)
- centrálních faktorech (jsou dány koordinací svalové činnosti CNS) intermuskulární a intramuskulární koordinace

Nervové a nervosvalové faktory jsou ovlivněny intermuskulární a intramuskulární koordinací. Jedná se o souhru zapojených svalů a souhru svalových vláken jednoho svalu. Také jsou ovlivněny zapojením svalových vláken. Metabolické faktory jsou z hlediska tréninku ovlivněny hromaděním kyseliny mléčné v krvi (Bartůňková, 1996). Je tedy ovlivněn činností, kterou provádíme, neboť vychází z energetického krytí. A nakonec mechanické faktory jsou ovlivněny délkou svalu, rychlostí kontrakce a průběhem svalové kontrakce (Petr, 2012).

2.1.3 Charakteristika jednotlivých faktorů ovlivňující sílu

Psotta (2006) tvrdí, že jednotlivé nervové a nervosvalové faktory jsou vyjádřeny velikostí síly, která je dána počtem zapojených motorických jednotek do kontrakce svalu. Z CNS (centrální nervový systém) vycházejí nervové impulsy, které zapojují motorické jednotky. Četnost nervových impulsů, typ a počet zapojených svalových vláken je ovlivněn velikostí odporu a rychlostí provedení daného pohybu. Existují tři druhy svalových vláken SO – pomalá oxidativní vlákna, FOG – rychlá oxidativně glykolytická vlákna a FG – rychlá glykolytická vlákna. Jejich zapojení se odvíjí od požadovaných nároků na pohyb. Obecně platí, při menších odporech je množství a typ zapojených svalových vláken dán rychlostí provedení pohybu. Na tvorbu síly určitého svalu má také vliv nitrosvalová koordinace ve výběru motorických jednotek. Schopnost vyvíjet sílu není předem určena pouze morfologickými a funkčními atributy určité svalové tkáně, ale je dána celým nervosvalovým systémem, kde hraje zásadní roli nervový proces řízení samotné svalové činnosti. Lze tedy říci, že velikost vyvinuté svalové síly záleží na množství zapojených svalů, rychlosti provedení pohybu a velikosti odporu. Dalším faktorem, který ovlivňuje schopnost vyvinout svalovou sílu je metabolický faktor. Ten udává energetické krytí při vykonávání sportovní činnosti. Dovalil (2010) ve své knize uvádí tabulku s energetickým krytím v závislosti na čase.

Tabulka 1: Energetické krytí v závislosti na čase

zdroje energie	doba zapojení
CP (Kreatin fosfát)	15s
glykogen	2-3min
glykogen	5-10min
glykogen, tuky	Hodiny

Dalším parametrem jsou mechanické faktory. Ty souvisí s průběhem svalové kontrakce, délkou svalu a rychlostí kontrakce.

Jiný pohled na schopnost vyvíjet svalovou sílu vyjadřují autoři (Zatsiorski, 2006; Petr, 2012), kteří uvádějí odlišné vlastnosti, které ovlivňují schopnost vyvíjet svalovou sílu. Vyjadřují se k periferním a centrálním faktorům.

Periferní faktory jsou dány jednotlivými svaly. Kapacita těchto svalů generovat sílu z hlediska fyziologického záleží na průřezu každého, jednotlivého svalu. Průřez svalu je vyjádřen

- velikostí průřezu (svalových vláken)
- množstvím svalových vláken

Obecně platí, že čím větší má sval průřez, tím má větší předpoklad generovat větší sílu bez ohledu na to jakou délku má sval. Pokud silový trénink ovlivňuje průřez svalu, automaticky zvyšuje i maximální sílu. Síla, která je tvořena svalem je výsledkem činnosti svalových podjednotek (svalové vlákno, myofibrila, sarkomera). Svalové vlákno je tvořeno z myofibril, které dále obsahují jednotky nazývané sarkomery. Tyto sarkomery v sobě nesou filamenty, které jsou tvořeny proteiny myozinem a aktinem. Při zkrácení svalového vlákna dochází rovněž ke zkrácení sarkomery. Nejedná se o nic jiného než, že se filamenty aktinu zasunou do myozinové filamenty. Maximální síla vytvořená sarkomerou závisí na celkovém množství myozinových hlaviček, které jsou dostupné pro transversální (příčné) spojení s aktinovými filamenty. Celkové množství příčných spojení v určité sarkomeře je výsledkem:

- počtu myozinových a aktinových filament (záleží tedy na celkové velikosti průřezu plochy všech filament)
- počtu myozinových hlaviček, které vzájemně působí s filamenty aktinu (jedná se o délku sarkomery).

Svaly, které mají delší sarkomeru (delší myozinové a aktinové filamenty) mají schopnost vytvářet větší sílu na jednotku plochy průřezu. To je zapříčiněno možností většího přesahu. Všechny sarkomery, které jsou v myofibrile, vytvářejí stejnou sílu zcela nezávisle na délce této sarkomery. Celková síla, která je produkována svalovým vláknem je omezena počtem myozinových a aktinových filament a také množstvím myofibril, které pracují souběžně. Silový trénink má za následek zvýšení počtu

myofibril, které se projeví uvnitř svalového vlákna, tím že dojde ke zvýšení velikosti svalových buněk a hlavně ke zvýšení síly (Petr, 2012).

Zatsiorski (2006) se dívá na problematiku periferních faktorů takto, nejdůležitějším periferním faktorem, který se vztahuje k potenciálu svalové síly je rozměr svalu. Ten je ovlivněn výživou, hormonálním stavem a hlavně tréninkem. U rozměrů svalů platí, že svaly s větším průřezem jsou schopny vyvíjet větší svalovou sílu nehledě na jejich délku. Při zvětšování průřezu svalu v tréninku s velkými zátěžemi dochází k nárůstu síly. Kosterní sval je složen z velkého počtu svalových vláken, která jsou tvořena myofibrilami. Myofibrila se skládá z uspořádaných jednotek, které se nazývají sarkomery. Vlastní sarkomera obsahuje tenkou filamentu, která je tvořena bílkovinou aktinu a myozinu. Spojení mezi aktinovými filamenty a myosinovými filamenty se nazývá příčný můstek. Síla vytvořená svalem je právě výsledkem činnosti těchto svalových jednotek (myofibrila, svalové vlákno a sarkomera). Maximální síla sarkomery závisí do určité míry na celkovém počtu myozinových hlav, které tvoří příčné můstky s aktinovými filamenty. Maximální počet spojení v určité sarkomeře příčnými můstky je způsobeno:

- počtem myozinových a aktinových filament (plocha průřezu)
- délkou sarkomery

Silový trénink zvětšuje velikost svalu. Toto zvětšení velikosti svalu se označuje jako svalová hypertrofie (typická u kulturistů). Svalovou hypertrofií způsobí:

- hyperplazie vláken (prodloužení povrchu příčných můstků u jednotlivých vláken)
- hyperplazie vláken (nárůst množství motorických vláken)

Centrální faktory jsou dalším aspektem, který ovlivňuje schopnost vyvíjet svalovou sílu. Jedná se o svalovou sílu, která není určená pouze množstvím aktivované svalové hmoty, ale také vědomým aktivováním dílčích svalových vláken. Maximální síla a především její vyvinutí je vázáno na sladění aktivace mnoha svalů. Koordinovaná aktivace těchto mnoha svalů a svalových skupin se jmenuje intermuskulární koordinace. Intramuskulární koordinace je řízena CNS (centrální nervová soustava) a používá tři možnosti, jak modifikovat vytvoření svalové síly pomocí rekrutace, frekventace a

synchronizace. Rekrutace (aktivace motoneuronů) je odstupňování absolutní svalové síly za pomoci vyřazení a zapojení aktivních motorických jednotek. Při zvyšování svalové síly jsou motoneurony rekrutovány neboli aktivovány podle velikosti od nejmenších k největším. Je velmi obtížné až nereálné aktivovat všechny MJ (motorické jednotky). Frekventace je změna vybíjecí frekvence u motorických jednotek. Mění se ve velkém rozsahu v závislosti na vyvíjené síle. A nakonec synchronizace je doba aktivace motorických jednotek. Motorické jednotky pracují běžně asynchronně. Existuje několik příčin, kdy motorické jednotky začnou pracovat synchronně. Jedná se o situace, při nichž jsou mimořádné okolnosti. Jedna z nich je, když jde například člověku o život a druhá je při důležitých soutěžích ve sportu, kdy se člověk snaží podat maximální výkon. Lze říci, že maximální síly můžeme dosáhnout při rekrutaci maximálního počtu jak rychlých, tak i pomalých motorických jednotek. Nebo musí dojít k ideální vybíjecí frekvenci v každém jednotlivém motorickém vlákně, nebo toho lze dosáhnout pomocí motorických jednotek, které v průběhu krátkého časového intervalu vědomě vyvinou maximální sílu, která pracuje synchronně. Všechny tři možnosti vycházejí z existence MJ (motorických jednotek). Motorické jednotky vytváří základní složky podávání výkonu pohybového systému a jsou složeny z motoneuronů aktivovaných svalovým vláknem, pohybových koncových destiček a axonů. V menších svalech je motorická jednotka tvořena z pár desítek svalových vláken, u větších svalů je to i několik tisíc vláken. Jejich zapojení neboli aktivace funguje podle zákona „všechno nebo nic“. To znamená, že buď je motorická jednotka v časovém okamžiku inaktivována, nebo aktivována. Motorickou jednotku lze rozdělit z hlediska svalových vláken na

- typ I (pomalá svalová vlákna)
- typ IIA (rychlá svalová vlákna, odolávají únavě)
- typ IIX (rychlá svalová vlákna, špatně odolávají únavě)

CNS (centrální nervová soustava) hraje klíčovou roli ve schopnosti vytvářet svalovou sílu. Jedná se hlavně o počet zapojených svalových vláken, která je schopen při pohybu jedinec aktivovat (intramuskulární koordinace) a také o řízenou spolupráci zapojení dílčích svalových skupin při pohybu (intermuskulární koordinace).

2.1.4 Charakteristika silových schopností ve fotbale

Ve fotbalovém prostředí, jsou nejvíce zatěžovány dolní končetiny. Při sprintech se nejvíce uplatňuje síla lýtkových svalů. Stehenní svaly jsou nezbytné při osobních soubojích, dlouhých kopech a střelbě. Dobře vyvinuté musí být i svaly trupu. Ty se uplatňují při rychlém provádění míčové techniky, v osobních soubojích a při hlavičkování. Svaly horních končetin využíváme při vhazování a osobních soubojích. Ve fotbale preferujeme výbušnou a dynamickou sílu (Bauer, 2006). Všechny tyto aplikace do fotbalového prostředí budou zmíněny v rámci každé následující kapitoly.

2.2 Rozdělení silových schopností

2.2.1 Podle typu kontrakce

Vycházíme z definice, kterou ve své knize uvádí (Dovalil, 2010). Ten rozděluje silové schopnosti z hlediska kontrakce na izometrickou a izotonickou. Izotonickou kontrakci lze dále dělit na koncentrickou a excentrickou. Při kontrakci izometrické se napětí ve svalu zvyšuje, ale samotná délka svalu se nemění. Naopak při kontrakci izotonické dochází ke změně délky svalu. Napětí ve svalu je neustále stejné. Při dynamické, koncentrické svalové činnosti dochází ke zkrácení svalu, ale napětí ve svalu je jednotné. Narozdíl od excentrické svalové práce, kdy se sval násilím protahuje a napětí zůstává stejné. Další autoři Platonov (2004) tvrdí, síla se může projevit při izometrické svalové práci, kdy při kontrakci nemění svojí délku a při izotonické svalové práci, kdy se mění délka svalu s ohledem na kontrakci. V izotonickém režimu máme dva typy kontrakcí koncentrickou a excentrickou. Při koncentrické kontrakci se odpor překonává svalovým napětím, ale zároveň se zmenšuje jeho délka. Při excentrické kontrakci dochází k překonání odporu při současném roztahení a natažení svalu. Zatsiorski (2006) uvádí, přenos síly ze svalu na kost se děje během protažení (excentrická akce), zkrácení (koncentrická akce) a zachování délky (izometrická nebo statická akce). Všichni autoři shodně uvádějí, že svalová práce může být uskutečněna při zachování nebo zkrácení svalu podle druhu pohybové činnosti. V běžném životě se setkáváme častěji s cyklusem protažení a smrštění svalu než s izolovanou svalovou akcí. Klasický příklad je běh nebo chůze, kde se tyto dva cykly pravidelně střídají. Pravá definice protažení svalu naznačuje, že svaly musí být aktivní během roztahování. Tato kombinace excentrických (protažení) a koncentrických (smrštění) akcí vytváří přirozený typ svalové funkce, nazývaný cyklus zkrácení úseku neboli SSC. Proto, aby byla úspěšná SSC je potřeba

splnit tři základní podmínky včasná aktivace svalů před fází protažení, krátká a rychlá fáze protažení a okamžitý přechod mezi protažením svalu a smrštěním svalu. Účelem této svalové funkce je zvýšení výkonu během konečné fáze ve srovnání s účinkem izolovaného smrštění. Je třeba zdůraznit, že při aktivitě SSC, jako je běh nebo skákání aktivace svalů obvykle vrcholí předtím, než končí fáze prodloužení (V Komi, 2000). Tento princip využívají například metody koncentrická, excentrická, sdružená a plyometrická při rozvoji silových schopností. Všechny metody jsou popsány dále. Ve fotbale lze tuto metodu uplatnit ve funkčním tréninku. Podmínkou je, že cvičení budou obsahovat svalové kontrakce, které budou součástí činnosti svalů, které provádějí specifickou činnost. Svalová síla je vyvolána v odděleném pohybu, při koncentrické nebo excentrické svalové kontrakci, které zabezpečují ohnutí (flexi) nebo natažení (extenzi) v příslušném kloubním spojení. Podmínkou efektivního tréninku však je, že cvičení obsahuje svalové kontrakce, které jsou součástí činnosti svalů při provádění specifických činností (Psotta, 2006). Konkrétní cvičení jsou uvedena u jednotlivých metod rozvoje silových schopností.

2.2.2 Dělení síly z pohledu sportovního tréninku

Rychlostní a silové požadavky v závislosti na nervovém řízení při svalových kontrakcích jsou podstatou pro rozlišování více typů silových schopností (Dovalil, 2010; Psotta 2006; Platonov, 2004). Tyto silové schopnosti rozdělujeme podle výkonu na

- statická síla
- dynamická síla
- výbušná síla
- vytrvalostní síla
- rychlá síla
- maximální síla

Většina autorů vychází ze stejného nebo podobného rozdělení. Menší rozdíly najdeme u některých autorů, kteří specifikují další silové schopnosti, popsané v obecném rozdělení podle (Dovalil, 2010; Psotta, 2006; Platonov, 2004). Například autoři Petr (2012) a

Stoppani (2006) uvádějí k obecným rozdělením další dvě silové schopnosti, sílu relativní a startovní. Tyto dvě síly jsou rozšířením obecných silových schopností, nejedná se o další rozdělení silových schopností.

Ve fotbale se nejvíce bude uplatňovat rychlá a výbušná síla. Proto, při sestavování tréninků by se mělo vyházet hlavně z těchto dvou atributů. Níže jsou popsány jednotlivé charakteristiky sil. Statická síla je definována statickou neboli izometrickou kontrakcí, při které se neuplatňuje pohyb. Ve většině případů jde o udržení těla popřípadě břemene v přesně stanovené poloze (Dovalil, 2010; Zatsiorski, 2006; Čelikovský, 1990).

Psotta (2006) poukazuje na schopnost vytvářet ve svalu vysoké napětí, bez toho aniž by došlo ke změně délky svalu.

Dynamická síla je základem izotonické kontrakce, která se vyjadřuje pohybem dynamického systému nebo jeho částí (Dovalil, 2010; Choutka, 1991). Další autoři Psotta (2006) tvrdí, že se jedná o schopnost svalu vytvářet sílu po delší časový úsek v dynamickém režimu při svalové práci, Zatsiorski (2006) vychází z toho, že se jedná o pohyb rychlý a koncentrický.

Výbušná síla je vyjádřena nejvyšším zrychlením a malým odporem (Dovalil, 2010). Další autoři Petr (2012) a Psotta (2006) shodně uvádějí, explozivní síla je vyjádřena schopností vyvinout sílu určité úrovně v co nejkratším čase. Čelikovský (1990) se dívá na explozivní sílu jako na schopnost, která je vyjádřena schopností poskytnout různým předmětům, ale i tělu a jeho dílčím částem zrychlení podle předem stanoveného pohybového úkolu.

Při vytrvalostní síle využíváme nízkého odporu a stejnou, střední rychlost (Dovalil, 2010). Další autoři Stoppani (2006) a Platonov (2004) píší, jedná se o schopnost udržovat po delší dobu dostatečně velké silové ukazatele. Úroveň silové vytrvalosti se projevuje ve schopnosti sportovce odolávat únavě v dosažení velkého množství opakování pohybu. Čelikovský (1990) uvádí, vytrvalostní, statická, silová způsobilost je schopnost udržet různé objekty, ale i tělo a jeho dílčí součásti ve stanovené poloze.

Rychlá síla se zakládá na nemaximálním zrychlení a malém odporu (Dovalil, 2010). Další autoři Platonov (2004) tvrdí, je to schopnost nervosvalového systému k mobilizaci funkčního potenciálu k tomu, aby dosáhl vysokých ukazatelů síly v co nejkratším čase,

Petr (2012) jedná se o uskutečnění rychlého pohybu s nízkým, vnějším odporem, jehož cílem je co největší rychlost provádění pohybu. Stoppani (2006) rychlá síla je schopnost, která nám dává možnost rychle přemístit předmět nebo vlastní tělo, Čelikovský (1990) jedná se o způsobilost překonávat odpor s velkou rychlostí nebo frekvencí pohybu.

Pod pojmem maximální síla si představíme nejvyšší možnou sílu, kterou je sportovec schopen projevit při maximální kontrakci svalů. Úroveň maximální síly se projevuje velikostí vnějšího odporu, který sportovec musí překonat nebo neutralizovat při plné mobilizaci nervosvalového systému. Maximální sílu si nesmíme plést s absolutní silou, která odráží možnosti nervosvalového systému (Platonov, 2004). Další autoři Dovalil (2002) uvádějí, síla maximální překonává velký někdy až hraniční odpor nízkou rychlostí, Stoppani (2006) jedná se o maximální sílu skupiny svalů nebo dílčích svalů, kterou je schopný sval vytvořit v přesně stanoveném pohybovém úkolu, jedním opakováním. Hovoříme při tom o jednom opakovacím maximu (OM). Odborníci se domnívají, že jedno opakovací maximum (OM) je 80% absolutní síly. Psotta (2006) uvádí, že se jedná o schopnost svalu vyvinout sílu proti nejvyššímu možnému odporu, který ještě lze zdolat jedním pohybem nebo jednou svalovou kontrakcí. Petr (2012) je vyjádřena maximální silovou schopností jedince. Vyjadřuje se pomocí limitu zvednutého břemene nebo maximálního volního úsilí v izometrické kontrakci.

Ve fotbale se nejvíce uplatňují síla rychlá, maximální, vytrvalostní a jejich kombinace, jak uvádí autor (J.Weineck, 1995). Proto při rozvoji silových schopností u fotbalistů, by měl silový trénink rozvíjet právě tyto schopnosti přednostně. Další autoři, kteří se vyjadřují k silovým schopnostem ve fotbalovém prostředí uvádějí, Bangsbo (2003) způsobilost hráče ve fotbalovém zápase vynaložit sílu nezávisí pouze na síle svalů, které jsou použity při daném pohybu. Závisí také na schopnosti hráče zkoordinovat svaly ve správnou chvíli. Psotta (2006) dodává, vysoká úroveň svalové síly, která se projevuje vysokou úrovní maximální síly, negativně ovlivňuje svalový výkon v herních činnostech při utkání.

Z hlediska výkonu je dobré si charakterizovat absolutní sílu a relativní sílu. Absolutní sílu vyjadřujeme například největší hmotností vzepřeného břímě (Dovalil, 2010). Další autor Stoppani (2006) uvádí, že absolutní síla je maximální síla svalu, kterou je schopen vytvořit sval, když jsou odstraněny všechny ochranné a tlumící mechanismy. V praxi

tuto sílu nelze realizovat, výjimkou tvoří situace, ohrožující život člověka, hypnóza nebo při použití látek, které urychlují metabolismus. Naopak relativní síla je dána největší hmotností břímě vyjádřená k poměru hmotnosti sportovce (Petr, 2012; Dovalil, 2010). Stoppani (2006) uvádí totožnou charakteristiku a dodává, tímto způsobem jsme schopni porovnat výkony různě velkých sportovců.

2.2.3 Metodotvorné komponenty pro trénink síly

Pokud budeme stimulovat silové schopnosti, je nezbytné zvolit odpovídající parametry zatížení. Tyto parametry jsou (Dovalil, 2010; Psotta, 2006)

- počet opakování
- velikost odporu
- rychlost provedení pohybu
- charakter odpočinku
- délka odpočinku

Petr (2012) tyto obecné parametry rozšiřuje o

- počet sérií
- frekvence tréninků
- výběr cviků
- počet cviků
- pořadí cviků
- obměna cviků

Zde jsou uvedeny charakteristiky všech metodotvorných komponent. Někteří autoři uvádějí souvislost mezi počtem opakování a velikostí odporu. Jedním z nich je Petr (2012), který píše ve své knize, mezi počtem opakování a velikostí odporu je negativní vztah. To znamená, při vyšším počtu opakování je nižší odpor a naopak při nižším opakování je vyšší odpor. Maximální počet opakování je vyjádřen termínem OM (opakovací maximum). Hodnota OM je hodně nestálá a značně vázaná na zvolenou

rychlost pohybu. (Dovalil, 2010) ve své knize popisuje OM, jedná se o nejvyšší počet opakování, které jsme schopni provést sami, bez dopomoci s daným odporem. Nezkusil (2005) doplňuje určení opakovacího maxima (OM) je dáno výsledkem, který je založeno na zkoušení a ověřování. Při snaze stanovit počet opakování coby základní determinanty tréninkového účinku je důležité sledovat rychlost, kterou provádíme pohyb. Nejlepší způsob navýšení svalové síly je zahrnutí maximálních kontrakcí. Je přirozené, že když mluvíme o maximální kontrakci, znamená to, že musíme vycházet z maximálního odporu. Je to stav, který se nazývá „overloadnig“ (poslední opakování, které už nelze fyzicky provést). Existuje vztah mezi rozvojem maximální síly a počtem opakování. Tento vztah je vyjádřen jako

- vyšší odpor znamená lepší nervosvalovou adaptaci a nižší metabolickou adaptaci
- vyšší odpor má za následek větší přírůstky maximální síly
- vysoké odpory způsobují nervosvalový podnět, který nelze nahradit nízkými nebo středními odpory při svalové práci

Počet opakování by měl pokaždé respektovat funkci svalu při jeho rozvoji. Další autoři, kteří se vyjádřili k problematice píšící, Dovalil (2010) počet opakování požaduje menší odpor, než jsou nejvyšší hodnoty a současně doporučuje, aby závěrečné opakování bylo provedeno s nejvyšším možným vypětím sportovce nebo s mírnou dopomocí. Velikost odporu je výchozí charakteristikou zatížení. Vycházejí z ní všechny metodotvorné činitelé. V praxi se nejčastěji vyjadřuje pomocí velikosti použitého břemene, kinetickou silou použitého břemene nebo silou partnera. Svalová adaptace je ovlivněna velikostí odporu. K nejvyššímu nárůstu síly dochází při skoro nejvyšších velikostech odporu. Stackeová (2004) vychází spíše z obecné charakteristiky, kdy základním prvkem každého cviku je jedno opakování. Je to uskutečnění pohybu, kdy dochází k jeho úplnému protažení a následnému smrštění. Z hlediska efektivity se cviky provádějí opakovaně, aby docházelo k dostatečné stimulaci svalu.

Rychlost provedení pohybu je podle autora Petr (2012) dána stylem jakým provádíme cvik, neboť udává, na co se mají vybrané svalové skupiny přizpůsobit. Vedle techniky provedení cviku je dalším aspektem rychlost provedení pohybu, kterou lze dobře pozorovat. Je lepší postupovat vždy od pomalých kontrakcí k maximálním kontrakcím. Rychlost pracuje s celkovou dobou zapojení svalu neboli TUT (time under tension).

Pomocí tempa lze obměňovat doby svalových kontrakcí (izometrickou, koncentrickou a excentrickou). Jednotlivé kontrakce se pravidelně střídají v průběhu posilování. Pokud se nám pravidelně střídají kontrakce, můžeme si snadno určit tempo cvičení a tím ovlivňovat rychlost a efekt cvičení. Počet opakování nastavujeme tak, aby ve zvoleném tréninkovém tempu pracoval v rozsahu požadovaného TUT. Další autoři, jako například Dovalil (2010) tvrdí, při vyšším počtu opakování se rychlost provedení pohybu vybraného cviku promítne do svalu z hlediska pracovního režimu, Nezkusil (2005) poukazuje na zpomalení pohybu, při koncentrické a excentrické fázi se zvyšuje celková doba trvání podnětu a také úroveň napětí ve svalu. Výsledkem této činnosti je rychlejší růst svalové hmoty a také celkové síly. Na druhou stranu pohyby, které jsou prováděné rychle, mají pozitivní vliv na vysokou úroveň nervosvalové činnosti a tím i na její adaptaci. Z hlediska sportů, kde se uplatňuje pohyb ve vyšších rychlostech, jako je například fotbal se autoři vyjadřují následovně Poliquin (1990) tvrdí, silový trénink ve větších rychlostech je charakteristický pro pohyby ve většině sportů. Tento pohyb je však podmíněn dosažením odpovídající úrovně maximální síly, Alway (1992) píše, pro sporty kde se více uplatňují rychlé pohyby se vůbec nedoporučuje využívat pomalých provádění pohybů. Je to dáno jejich transferem na specifický pohyb ve vybraném sportu. Nervová soustava nedokáže přenést tuto sílu do rychlého provedení pohybu. Proto by se mělo vycházet z odporu, který bude správným způsobem stimulovat sílu bez negativního ovlivnění rychlosti ve vybraném sportovním odvětví. To znamená, že pro potřeby fotbalu se nedoporučují provádět pomalé pohyby, ale spíše silový trénink směřovat podmínkám, které simulují tempo fotbalového utkání. Otázka samozřejmě zní, v jaké fázi sezony se právě nacházíme. Pokud se jedná o přípravnou fázi, kde nám jde o získání široké základny silových schopností, zde při stimulaci maximální síly využíváme pomalé provádění pohybu, které je ovlivněné velikostí odporu.

Podle Dovalila (2010) by měl charakter odpočinku být aktivní mezi jednotlivými opakování s důrazem na lehké protahování svalů, které zrovna posilujeme. Další dva autoři Havlíčková (2003) a Melichna (1990) se shodují a uvádějí, charakter odpočinku můžeme rozdělit na pasivní a aktivní. Fyziologický smysl aktivního odpočinku se zakládá na udržení vyššího průtoku krve v oblastech, které byly předtím zatíženy. To způsobuje rychlejší odbourání zátěžových metabolitů a tím pádem i únavy. Naopak pasivní odpočinek způsobuje setrvání krve ve svalu, který byl zatěžován, což vede k anabolickým procesům. Ve fotbale se více vyskytuje pasivní odpočinek.

O intervalu odpočinku se vedou neustále spory a ne jenom ve fotbale. Obecně lze říci, že vždy musíme vycházet z toho, jakou sílu chceme rozvíjet a hlavně z individuálních potřeb hráče. Podle Dovalila (2010) délku odpočinku stanovíme v závislosti na energetických zónách, které zabezpečují daný pohyb. Většinu energie při rozvoji síly zajišťuje ATP-CP zóna kromě síly vytrvalostní. Vhodným odpočinkem mezi jednotlivými sériemi je 2-3 minuty. Další autor Petr (2012) uvádí, že intervalem odpočinku se označuje pauza mezi jednotlivými cviky nebo sériemi. Interval odpočinku ovlivňuje fyziologickou reakci organismu na danou zátěž. Můžeme volit dvě možnosti, úplné zotavení nebo částečné zotavení. Při použití metod maximálního úsilí je výhodné využití úplného zotavení nebo skoro úplného zotavení. Interval odpočinku souvisí s charakterem silové schopnosti, kterou chceme rozvíjet a s množstvím zapojených svalů v daném pohybu. Kraemer (1987) píše, že délkou neboli intervalem odpočinku, označujeme pauzu mezi jednotlivými cviky nebo sériemi. Interval odpočinku a jeho délka závisí na druhu trénované silové schopnosti, kterou chceme rozvíjet.

Série je řada opakování cviku, která se provádí bez přestávky. Mnoho studií prokázali, že je efektivnější využívat cvičení s větším počtem sérií než cvičení s jednou sérií. Pro rozvoj maximální síly je nezbytné využívat větší počet sérií (5 a více). Pokud se chceme vyhnout přetrénování, upravíme počet sérií nikoliv intenzitu cvičení. Počet cviků se odvíjí od cíle a předpokladů jedince. Při určení pořadí cviků začínáme vždy se cviky, které zapojují větší množství svalových skupin, a poté přecházíme ke cvičení, kde se zapojuje menší množství svalů. Další přístup je z hlediska preference, kdy si určíme, jaké svaly chceme rozvíjet a podle toho vybíráme pořadí cviků. Obecně by se měli cviky obměňovat po šesti trénincích je to z hlediska klesající efektivity tréninku (Petr, 2012).

Cílem tréninku rozvoje silových schopností ve fotbale je podle Psotty (2006) prevence před zraněním, udržení optimálního funkčního stavu horních končetin a svalů trupu, které se spolupodílejí na celkovém výkonu hráče, udržovat a rozvíjet schopnost nervosvalového systému vyvíjet svalovou sílu ve specifických podmínkách a zpevňování kloubních spojení při specifických činnostech. Další autor Bangsbo (2003) předkládá hlavní tři cíle tréninku svalové síly ve fotbalovém prostředí jako, prevence zranění, obnovení sil po zranění v co nejkratší době a zlepšení silových výkonů svalů během fotbalového zápasu, při náročných aktivitách jako je zrychlování, střelba nebo

skákání. Reilly (2007) ve své práci uvádí výhody, které s sebou přináší trénink svalové síly ve fotbale, hlavně to jsou snížení rizika zranění, zlepšení psychiky hráče, zvyšuje sílu svalů, které se zapojují ve fotbalovém utkání, také dochází ke zlepšení vlastností hráče jako rychlost, hbitost, brzdění a zrychlení. Obecně lze říci, že trénink silových schopností ve fotbale by se měl svým zaměřením blížit fotbalovému utkání. Měl by vycházet ze svalů, které se nejvíce podíleje na výkonu. Z dlouhodobého zaměření je dobré tyto tréninkové jednotky prokládat nesespecifickým tréninkem například na horní polovinu těla nebo na střed těla apod. Pokud budeme vycházet z fotbalového prostředí nastavení metodotvorných komponent nám určuje, jaké zaměření bude mít daná tréninková jednotka. Kromě toho, že se komponenty nastavují podle cíle tréninku, tak dalším důležitým aspektem, který ovlivňuje nastavení komponent je v jaké části sezony se bude tréninková jednotka provádět.

2.2.4 Metody rozvoje silových schopností

Existuje řada metod pro rozvoj silových schopností. Ne všechny jsou vhodné a realizovatelné pro naše potřeby. Je velmi běžné, že se v praxi využívají kombinace několika metod najednou. Petr (2012) a Dovalil (2010) rozlišují tyto metody rozvoje silových schopností na

- rychlostní
- vytrvalostní
- maximálního úsilí
- izokinetická
- izometrická
- intermediální
- opakovaného úsilí a submaximálního úsilí
- plyometrická

Petr (2012) dodává, že výsledný účinek silového tréninku je úměrný fyziologické odezvě, která byla vyvolána tímto tréninkem. Platonov (2004) k obecnému rozdělení přidává koncentrickou a excentrickou metodu. A vyjadřuje se k metodám takto, v současné době cílem silového tréninku je rozvoj různých silových schopností, jako

zvýšení aktivní masy, zlepšení tělesného složení apod. Současně s rozvojem síly se vytváří základ pro zvýšení úrovně rychlostních schopností, flexibility a koordinačních schopností. Nejdůležitější částí silového tréninku je optimální transfer mezi nesespecifickým způsobem rozvoje síly na sportovní disciplínu nebo činnost, kterou jedinec bude vykonávat.

Naším hlavním cílem je optimální transfer mezi právě nesespecifickým způsobem rozvoje síly na fotbal. Některé metody jsou vhodnější než jiné, ale obecně platí, že neexistuje jedna zaručená metoda, která má nejvyšší účinek transferu. Ve fotbalové praxi je běžné použití několika metod, které se pravidelně prolínají. Všechny metody jsou charakterizovány následovně, metoda maximálního úsilí je popsána Dovalilem (2010) a Petrem (2012) jako metoda, při které dochází ke zdolávání co možná největšího břemene nebo odporu. Velikost břemene se nachází na hranici maxima, to znamená 95-100% maxima. Velice důležitá je správná technika provádění pohybu, počet opakování je 1-3x a rychlost provedení pohybu je malá. Množství svalových vláken, která se aktivují se zvyšuje díky krátkodobému úsilí. Celkové množství počtu opakování je individuální (Dovalil, 2010). Jiní autoři uvádějí Zatsiorski (2006) využívá se při rozvoji intermuskulární a intramuskulární koordinace. CNS (centrální nervová soustava) a svaly se přizpůsobí působící síle. Tato metoda se využívá k vytvoření co možná největšího nárůstu síly. Velikost odporu se blíží maximu. Doporučuje se 1-3x opakování v jedné sérii. V běžné fotbalové praxi se tato metoda často nevyužívá. Je to dáno přenosem na pozdější výkon z hlediska rychlosti provedení pohybu.

Smyslem metody opakovaného úsilí je cvičení s dostatečně vysokým, ale nemaximálním odporem. Velikost odporu je 80% maxima a počet opakování se nachází v rozmezí mezi 8-15x. Není potřeba maximální rychlost provedení pohybu (Dovalil, 2010). Další autoři Petr (2012) a Zatsiorski (2006) udávají, liší se pouze v počtu opakování v jedné sérii. Při této metodě musí jedinec zvedat břemeno až do selhání, to je vyvoláno maximálním počtem opakování, který jedinec ještě zvládne.

Z hlediska fotbalu Psotta (2006) uvádí, že při využití této metody v praxi klade důraz na velikost svalových kontrakcí, než na rychlost provedení pohybu. Běžnou variantou uspořádání zatížení je pyramidové uspořádání. To vychází ze dvou metodotvorných komponent, které se mění. Jedná se o počet opakování a velikost odporu. Tvar pyramidy jako varianta uspořádání je příznačné. Smyslem je v každé další sérii

zvyšovat počet opakování a zároveň snižovat velikost odporu. Lze postupovat i opačně. Metoda opakovaného úsilí ovlivňuje více absolutní sílu s menším efektem na výbušnou sílu. U fotbalistů se tato metoda používá jako doplněk při rozvoji specifické síly nebo po delší tréninkové absenci. Tato metoda se nedoporučuje aplikovat po delší dobu. Množství konkrétních cvičení, při využití metody opakovaného úsilí je nezměrný. Například odrazy s činkou na ramenou, kopy vpřed/vzad, zakopávání apod. Vždy jde o to, abychom správně nastavily metodotvorné komponenty a rozvíjeli ten druh silové schopnosti, který požadujeme.

Metodu izokinetickou charakterizuje, Dovalil (2010) následovně, s využitím klasických posilovacích pomůcek nejsou stejné požadavky v každém bodě cvičení. Například při cvičení na expandérech dochází ke zvýšení odporu až v konečné fázi, naopak při využití závaží dochází k určité setrvačnosti, která souvisí s poklesem usilí při pohybu. Na těchto poznacích byly vyrobeny speciální izokinetické trenažéry. Tyto stroje regulují velikost odporu na základě vyvíjeného úsilí. Počet opakování je mezi 6-8x při 5-8x sériích. Rychlost provedení pohybu je co možná největší. Délka odpočinku je 1-2min a 3-5min mezi sériemi. Další autoři píší, Platonov (2004) metoda je založena na takovém způsobu pohybu, při kterém je pohyb svalů a napětí ve svalech konstantní, svaly překonávají odpor neohledně na změny úhlů nebo momentů rotace v různých částech těla. Trénink izokinetickou metodou využívá speciálních trenažerů, které dovolují pohyb v širokém spektru rychlostí s projevem maximální nebo hodnotám blízké se maximum v jakékoliv fázi pohybu. To dává možnost svalům pracovat s optimálním zatížením v průběhu celého pohybu, čehož nejde dosáhnout jinými metodami cvičení. Havlíčková (2003), jedná se o metodu, při které je odpor vyjádřen pomocí speciálního posilovacího zařízení. Podle dosaženého úsilí se v průběhu mění velikost odporu. Je snaha o nejvyšší možnou rychlost provedení pohybu. Počet opakování je 6-8x při celkových 5-8x sériích. Výhody této metody jsou zkrácení doby cvičení, omezení výskytu zranění v důsledku špatného pohybu při cvičení a zvýšení efektivity cvičení. Ve fotbalovém prostředí to není úplně běžná metoda tréninku síly. Jedná se o velice finančně náročnou metodu. Cena trenažerů se pohybuje ve stovkách tisíc korun. Existuje alternativa, která je finančně velice dostupná a ve fotbalové praxi často využitelná. Pomocí expandérů a různých řetězů lze tohoto efektu při cvičení docílit. Existuje řada studií, která uplatňuje tuto metodu. Například studie Newmann (2004) zkoumá závislost izokinetické síly kolenního kloubu a výkonem ve sprintu u fotbalistů. Této studii se zúčastnilo 14

fotbalistů (věk $21,9 \pm 5,3$, výška $180,1 \pm 4,5$, tělesná hmotnost $79,0 \pm 7,8$, procento tuku $12,8 \pm 3,3$). Měření probíhalo pomocí dynamometru a funkčních testů. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 2 a v tabulce číslo 3.

Tabulka 2: Hodnoty měření na dynamometru při rychlostech $60^\circ \cdot s^{-1}$, $150^\circ \cdot s^{-1}$ a $240^\circ \cdot s^{-1}$.

Kolenní extenze		Směrodatná odchylka
Při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$	$199,9 \pm 22,9$	$2,53 \pm 0,29$
Při rychlosti $150^\circ \cdot s^{-1}$	$159,6 \pm 19,0$	$2,02 \pm 0,24$
Při rychlosti $240^\circ \cdot s^{-1}$	$136,7 \pm 17,4$	$1,73 \pm 0,22$
Kolenní flexe		
Při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$	$131,1 \pm 14,2$	$1,66 \pm 0,18$
Při rychlosti $150^\circ \cdot s^{-1}$	$131,9 \pm 13,4$	$1,67 \pm 0,17$
Při rychlosti $240^\circ \cdot s^{-1}$	$12,7 \pm 9,5$	$1,54 \pm 0,12$

Tabulka 3: Hodnoty funkčních testů

Nejlepší čas na Sprint	
0 - 10	$1,81 \pm 0,08$
10 – 20	$1,30 \pm 0,05$
0 - 20	$3,11 \pm 0,13$
Celkový čas ability sprint	
0 - 10	$22,86 \pm 1,01$
10 – 20	$16,72 \pm 0,51$
0 – 20	$39,58 \pm 1,52$

Výsledky poukazují na to, že nejsilnější korelace je mezi kolenní extenzí při rychlosti $240^\circ \cdot s^{-1}$ a počátečním zrychlením na 10m ($r = -0,714$, $p < 0,01$). Hlavním zjištěním tohoto šetření však je že, žádná míra síly významně nesouvisí s opakovanými sprinty ve vzdálenosti od 0 do 10 m, 10 až 20 m a 0 až 20 m. Další zajímavá studie (G. Cometti, 2000) zkoumá závislost izokinetické síly a anaerobní síly u fotbalistů. Testu se zúčastnilo 95 hráčů (29 hráčů první ligy, 34 hráčů druhé ligy a 32 hráčů amatérské ligy). D1 (věk $26,1 \pm 4,3$, výška $179,8 \pm 4,4$, hmotnost $74,5 \pm 6,2$), D2 (věk $23,2 \pm 5,6$, výška $178,0 \pm 5,8$, hmotnost $73,5 \pm 14,7$) a AM (věk $25,8 \pm 3,9$, výška $177,7 \pm 5,1$,

hmotnost $76,5 \pm 18,1$). Měření probíhalo za pomoci dynamometru při rychlostech $60^\circ \cdot s^{-1}$, $120^\circ \cdot s^{-1}$, $180^\circ \cdot s^{-1}$, $240^\circ \cdot s^{-1}$ a $300^\circ \cdot s^{-1}$ a testů aerobních předpokladů sprint, skok do výšky a síla kopu.

Výsledky jsou následující, síla hamstringu u skupiny D1 je mnohem silnější než u AM při každé úhlové rychlosti s výjimkou rychlosti $300^\circ \cdot s^{-1}$. Tento rozdíl byl větší v excentrickém svalovém působení. Maximální točivý moment hráčů D2 byl významně vyšší než u skupiny AM, ale pouze při úhlové rychlosti od $60^\circ \cdot s^{-1}$ do $120^\circ \cdot s^{-1}$. Síla quadricepsu byla u skupiny D1 vyšší než u zbylých dvou skupin, při rychlosti od $60^\circ \cdot s^{-1}$ do $120^\circ \cdot s^{-1}$. Celkový poměr H / Q byl vyšší pro profesionály (D1 a D2) než pro amatéry (AM), s výjimkou rychlosti $300^\circ \cdot s^{-1}$. Profesionální hráči měli lepší výsledky při sprintu nad 10m a nakonec profesionální hráči měli lepší výsledky při skoku do výšky než amatéři.

Metoda izometrická vychází z účinku působení proti nepřekonatelnému odporu. Klasickým příkladem je tlak proti zdi. Délka kontrakce svalu je 5-15s. Počet opakování závisí na vyspělosti jedince. Doporučuje se začínat na 3-5x opakování a postupně přidávat. Trvání odpočinku je 3 minuty. Velká výhoda této metody spočívá v tom, že můžeme přesně působit na vybranou svalovou partii. Na druhou stranu nedochází k dostatečnému zásobení svalu krví a dochází k poklesu mezisvalové koordinace. Proto se doporučuje tuto metodu využívat v kombinaci s dalšími metodami (Dovalil, 2010). Další autoři se vyjadřují následovně, Platonov (2004) uvádí, metoda využívá svalové napětí beze změny délky svalu s pevným bodem. Je třeba poznamenat, že síla vynaložená na tento druh silového tréninku se špatně přenáší na potřeby dynamického pohybu. Pokud budeme uvažovat o přenosu je potřeba speciálního silového tréninku, aby došlo k realizaci pohybu dynamického charakteru za pomoci izometrického tréninku. Při využívání izometrické metody dochází ke zhoršení rychlostních vlastností jedince, které se projeví už po několika týdnech. Proto je dobré tuto metodu kombinovat s jinými metodami na trénink a rozvoj rychlosti. Výhoda izometrické metody spočívá v jeho intenzivním působení na jednotlivé svalové skupiny. Havlíčková (2003), podstatou metody je svalový stah izometrického charakteru. Mění se napětí svalu, ale jeho délka zůstává neměnná. Síla není vyjádřena pohybem, ale tlakem proti pevné překážce nebo tahem. Doba působení je 6-9s. Celkový počet cviků v tréninku je 4-5x. Počet sérií 1-3x.

Interval odpočinku mezi cviky 3-5min, přestávky mezi sériemi 10-60s. Ve fotbale se izometrická metoda využívá spíše jako doplněk k některé z popisovaných metod.

Metoda koncentrická je založena na vykonání pohybu, která překonává odpor a současně dochází ke zkrácení a natažení svalu. Kombinace překonávání odporu a uvolnění v pohybovém režimu svalu vytváří podmínky pro pohyb s velkou amplitudou, což se pozitivně projevuje při rozvoji silových schopností. Tato metoda, která je dynamického charakteru se využívá při všeobecné silové přípravě jedince, pro vytvoření silových základů a rozvoji maximální síly (Platonov, 2004). Z hlediska fotbalu Psotta (2006) píše, zásadním kritériem je dostatečná rychlost provedení pohybu neboli svalové kontrakce. Koncentrická metoda ovlivňuje výbušnou sílu, proto by měla mít přednost před metodou opakovaného úsilí v tréninku dynamické síly. Metodotvorné komponenty jsou u této metody následující odpor 30-60% maxima, rychlost provedení pohybu maximální, interval odpočinku mezi cviky 1-3min a mezi sériemi 2-4min, počet sérií 2-4x a nakonec doba trvání série 2-15s. Vhodné cvičení využitelné pro fotbalisty je například elastické lano upevněné na jednom konci za pevný bod a na druhém konci za dolní končetinu v oblasti nártu. Provádíme opakované kopy, přičemž dochází v kolenním kloubu k extenzi při působení proti odporu. Jednou z nevýhod je, že při provádění pohybu dochází v konečné fázi kopu k brždění celkové rychlosti pohybu. Je to důsledek napínání lana a zvyšujícího se odporu v průběhu extenze. Další vhodná cvičení ve fotbale jsou zdvihová, skoková a odrazová cvičení. Při těchto cvičeních dochází k izolované extenzi v kolenním kloubu. To znamená, že se do pohybu zapojují přední svaly na dolních končetinách. Typická cvičení jsou například vertikální skoky a jejich modifikace (odraz z jedné nohy, ze dřepu apod.).

Metoda excentrická je metoda, která vychází z pohybu v konečné fázi s působením proti odporu, bržděním a současným natažením svalu. Tento pohyb se vykonává s velkým zatížením, obvykle je zátěž zvolena o 10-30% vyšší než je běžný odpor. Metoda při níž dochází k brždění odporu se jeví jako efektivní z hlediska maximálního roztažení svalů, které se pohybu účastní. Tento způsob pohybu vede k rozvoji maximální síly a pružnosti (Platonov, 2004). Rozvoj silových schopností pomocí excentrické metody ve fotbale popsal Psotta (2006) následovně, cvičení zahrnují izolované flexe v kolenním kloubu. To znamená, že dochází k excentrické kontrakci dolních končetin u skupiny svalů, které se nacházejí v přední části a účastní se brždění při dopadu. Klasickým

cvičením je seskok z bedny nebo lavičky (30-40cm výška) do podřepu. Způsob dopadu nám poukazuje na techniku provedení. Správný dopad by měl být přes přední část chodidel a ne přes paty. Pokud při seskoku hráč dopadá na paty, doporučuje se snížení výšky bedny nebo lavičky. Ve fotbalovém utkání, kdy kromě samotného dopadu nás ovlivňují i jiné aspekty, které působí na dopad (například protihráč) je důležité mít osvojenou správnou techniku dopadu v neměnných podmínkách. Kromě toho, že se jedná o další dovednost, která nám podněcuje celkový výkon hráče, jedná se také o předpoklad prevence zranění.

Intermediární metoda vychází ze spojení statické a dynamické kontrakce čili stažení svalu při vykonávání jednoho cviku. Cvičení začíná překonáváním určitého odporu, který provádíme dynamicky. V průběhu cviku dochází k zastavení cviku a následné výdrži, která trvá asi 5s. Toto střídání zastavení a následné výdrže se během cviku opakují 2-4x. Parametry zátěže jsou stejné jako u metody opakovaných úsilí (Dovalil, 2010). Psotta (2006), který uvádí intermediární metodu ve fotbalovém prostředí tvrdí, jedná se o cvičení, které zahrnuje provádění flexe a izolované extenze v kolenním kloubu za sebou. Hráč se odráží a vyskakuje do výšky ze dřepu nebo podřepu a dopadá do podřepu. Při odrazu vzniká excentrická síla a při dopadu koncentrická síla. Mezi jednotlivými odrazy do výšky je vždy krátká pauza. Koncentrická kontrakce se provádí hned bez předcházejícího natažení svalu. Příklady cvičení vertikální skok v cyklu výskok-dopad-zastavení pohybu, přeskokování nízkých překážek sounož v cyklu přeskok-dopad-zastavení pohybu.

K metodě rychlostní se Petr (2012) a Dovalil (2010) vyjadřuje následovně, vychází ze snahy o co nejrychlejší provedení předepsaného pohybu. Velikost odporu je 30-60% opakovacího maxima (OM). Rychlost provedení pohybu je skoro maximální až maximální při 6-12x počtech opakování. Může být také vyjádřena délkou zatížení, která se pohybuje okolo 5-15s. Interval odpočinku 1-2min mezi cviky a 3-5min mezi jednotlivými sériemi (Dovalil, 2010). Další autor Zatsiorski (2006) dodává, využívá se ke zlepšení nárůstu síly a k rozvoji explozivní síly. Velice populární a často využívaná metoda ve fotbalovém prostředí. Nejčastěji se využívá v přípravném období. Může mít formu různých běhů a jeho modifikací například běh z kopce, běh do kopce apod.

Metoda plyometrická využívá ke stimulaci zkrácení svalu kinetickou energii těla, která je uložena při jeho pádu z určité výšky. Brzdívá síla těla na krátkou vzdálenost,

vyvolává prudké prodloužení svalu, stimuluje intenzitu impulsů centrálních neuronů a vytváří ve svalech elastický potenciál napětí. Takovým způsobem se využívá kinetická energie a ne hmotnost jedince například při pádu a následném odrazu. Tato metoda je náchylná na úrazy, proto se zde musí dodržovat striktní požadavky na správné provedení pohybu (Platonov, 2004). Další autoři uvádějí, Dovalil (2010) princip metody je založen na svalovém předpětí. Jednou z možností jak dosáhnout tohoto předpětí je kinetickou energií, například při seskoku ze švédské bedny. Dochází zde k brzdivé kontrakci, která vytváří svalové předpětí. Pokud se po dopadu na zem opět odrazíme do výskoku, využijeme tohoto svalového předpětí a odraz bude mnohem silnější. Tento princip využívá plyometrická metoda. Metodotvorné komponenty jsou počet opakování 5-6x, počet sérií 3-5x, interval odpočinku mezi sériemi 3-8min, výška bedny 60-80cm. Další možnost jak docílit svalového předpětí je pomocí statické kontrakce, na níž navazuje kontrakce dynamická. Klasickým cvikem je pomocí expandérů, kdy jeden hráč vystartuje a druhý ho brzdí po dobu 5-7s. Poté pouští expandér a hráč pokračuje v běhu. Ve fotbalovém prostředí se jedná a jednu ze základních metod, která se využívá během celé sezony. Psotta (2006) popisuje metodu takto, plyometrická metoda nebo trénink se opírá o podněcování výbušné síly v koncentrické kontrakci, která přímo navazuje na excentrické protažení svalu, které předcházelo právě koncentrické koncentraci. Významem metody je, vyvinutí vyššího stupně síly v co nejkratším časovém úseku, tím že dochází k protažení svalu, je snazší dosáhnout vybušné, koncentrické kontrakce. Ve fotbale je jednou z nejdůležitějších součástí běh ať už s balonem nebo bez balonu. Jedná se právě o cyklus, při kterém se střídají fáze stažení svalu a protažení svalu neboli koncentrická kontrakce a excentrická kontrakce. Proto lze považovat plyometrickou metodu za progresivní metodu rozvoje specifické výbušné síly a dynamické síly. Plyometrická cvičení zahrnují cyklus se třemi fázemi

- excentrická fáze (protažení svalu)
- amortizační fáze (přechodná fáze)
- koncentrická fáze (zkrácení svalu)

Autoři Baechele a Earle (2008) se vyjadřují k těmto fázím následovně, excentrická fáze vytváří lepší podmínky pro získání vyšší produkce síly v co nejkratším časovém úseku v následující koncentrické kontrakci ve srovnání s vytvořenou silou ve cvičeních, bez

předešlého protažení svalu. Tento efekt je vysvětlen na úrovni svalové práce z hlediska mechaniky. Psotta (2006) dále pokračuje a rozděluje plyometrické cvičení na:

- mechanický model
- neurofyziologický model

Mechanický model je charakterizován následovně, při rychlém, brzdícím pohybu nastává natažení šlach a elastických struktur svalu v průběhu excentrické koncentrace, a tím k navýšení jejich elastické energie. Pokud potom následuje koncentrická kontrakce, výsledná elastická energie se uvolňuje a zvyšuje celkovou produkci síly. Z toho vyplývají určité podmínky pro využití této metody

- excentrická fáze by měla být přiměřeně rychlá
- excentrická fáze by měla respektovat kloubní rozsah příslušného pohybu
- měly by být dodrženy všechny cykly pohybu

(excentrická-amortizační-koncentrická)

Pokud se nedodrží tyto podmínky, výsledný efekt nebude tak účinný.

Neurofyziologický model je vyjádřen rychlým protažením svalu, který dráždí svalovou vřeténku. Svalová vřeténka reflexivně zvyšuje aktivitu svalu pro koncentrickou koncentraci. Plyometrická metoda využívá tohoto napívacího reflexu svalu, který vychází ve zvýšené náchylnosti svalu stahovat se po předešlém rychlém protažení.

Dále Psotta (2006) uvádí dvě plyometrické metody

- metoda oddělených cyklů
- metoda souvisle napojených cyklů

a dodává, že v základní charakteristice plyometrické metody se vychází z hmotnosti vlastního těla a při použití pohybů se vždy vychází ze stejné nebo totožné činnosti, kterou lze pozorovat v utkáni. Jediným rozdílem mezi těmito dvěma metodami je, že v metodě oddělených cyklů dochází mezi jednotlivými cykly k zastavení po dobu 2-5s, kdežto u metody souvisle napojených cyklů žádná pauza není a cykly se provádějí hned

po sobě, například série skoků. Z hlediska metodotvorných komponent si charakterizujeme důležité z nich, interval zatížení 2-10x cyklů (zkrácení-protažení svalu), poměr zatížení/odpočinek 1:10, počet sérií 1-5x, interval zastavení u metody oddělených cyklů je 1-5s, interval odpočinku mezi sériemi 2-4min. U hráčů fotbalu lze sledovat rozvoj výbušné síly dolních končetin pro tyto směry pohybu těla

- svislý směr
- svislý a vodorovný směr současně
- svislý směr a boční směr současně

Konkrétní cvičení ve fotbale pro svislý směr pohybu těla jsou například maximální vertikální skoky a jejich variace (odraz sounož, odraz z jedné nohy apod.), opakované výskoky, odrazy ze strany na stranu. Při cvičení na svislý a vodorovný směr současně jsou dobrou pomůckou překážky v jednom směru. Příklad cvičení na svislý a boční směr současně jsou poskoky snožmo stranou vpravo/vlevo s maximální rychlostí provedení nebo opakované poskoky v šikmém směru.

Metoda vytrvalostní vychází z velkého množství počtu opakování s malým odporem 30-40% maxima. Cvičení neovlivňuje pouze silové schopnosti, ale stimuluje také dýchací a srdečně cévní systém. Zatížení je intervalové nebo souvislé a podle požadavků vychází cvičení z aerobního silového zatížení nebo anaerobního silového zatížení (Havlíčková, 2003). Další autoři uvádějí, Dovalil (2010) vychází se z vysokých počtů opakování 20-50x i více, až do úplného vyčerpání. Tato cvičení mají vyvolat odezvu nejenom v nervosvalovém systému, ale také v srdečně cévním systému. Z hlediska formy se v praxi běžně užívá kruhový trénink. Interval odpočinku mezi cviky je minimální. Charakteristika metodotvorných komponent velikost odporu do 30-40% maxima, interval zatížení 60s, celkový čas zátěže 20min., počet cviků 20x, interval odpočinku žádný plynulý přechod mezi cviky. Ve fotbalovém prostředí popisuje Psotta (2006) trénink silové vytrvalosti, jako schopnost svalů vyvíjet určitou úroveň síly po delší časový úsek, než je 15s. Rozeznáváme dva druhy tréninku a to dynamické svalové vytrvalosti, která obsahuje trénink aerobní a anaerobní vytrvalosti a trénink izometrické svalové vytrvalosti. V běžném tréninku a fotbalovém utkání se rozvíjí aerobní svalová vytrvalost. Proto není nutné se nějak speciálně zaměřovat na tuto vlastnost. Užitečnejší je zaměřit se na rozvoj anaerobní vytrvalosti svalů na dolních končetinách. V

přípravném období se právě rozvíjí anaerobní vytrvalost před základním a funkčním tréninkem svalové síly. Přitom se vychází ze specifčnosti fotbalu a podmínky se upravují tak, aby simulovali běžné fotbalové utkání. Konkrétní příklady rozvoje jsou například běhy v písku, běhy se zátěžovými pásky, skoky a výskoky s následnými krátkými sprinty. Metodotvorné komponenty jsou charakterizovány při tom takto interval zatížení 15-60s, interval odpočinku 1:1, počet sérií 2-4x. Dalším užitečným rozvojem ve vytrvalostní metodě je rozvoj anaerobní a statické vytrvalosti svalů trupu. Svaly horní poloviny těla nejsou u fotbalistů často dostatečně simulovány. Když budeme vycházet z herní praxe, tak funkce horní poloviny těla se projevuje velmi často například při pokrytí míče před protivníkem, v souboji, ale i v běžném běhu nám vstupují do hry tyto svaly. Opomíjet je, jak je často v praxi běžné je protichůdné z hlediska dosažení maximálního výkonu. I nedostatečně rozvinuté svaly horní poloviny těla mohou mít za následek menší výkonnost a hlavně svaly, které se účastní pohybu a jsou nedostatečně vyvinuté nebo slabé mají sklon ke vzniku častých zranění. Vhodná cvičení pro rozvoj vytrvalostní svalové síly v horní polovině těla jsou například sedy-lehy a jejich modifikace (při zvedání trupu současně zvedáme střídavě levou/pravou nohu, s vytočením trupu do strany apod.), v lehu na břicho zvedání paže a opačné nohy současně, v lehu na břicho vzpažit a výdrž, hlava se dívá do země nebo klasické kliky, kliky s výdrží v určité úrovni apod.

K rozvoji silových schopností se pojí studie Cholett (2000), která zkoumala závislost pozice hráče na hřišti se silou svalů kolenního kloubu. Studie se zúčastnilo 21 hráčů. Obránci (n=7, věk $21,71 \pm 2,75$, výška 187 ± 5 , tělesná hmotnost $80,19 \pm 6,29$), záložníci (n=7, věk $21 \pm 2,82$, výška 178 ± 8 , tělesná hmotnost $71,83 \pm 6,18$) a útočníci (n=7, věk $23 \pm 3,25$, výška 176 ± 3 , tělesná hmotnost $72,63 \pm 5,45$). Měření bylo provedeno pomocí dynamometru. Koncentrické testy byly měřeny při třech následujících rychlostech $60^\circ \cdot s^{-1}$, $120^\circ \cdot s^{-1}$ a $240^\circ \cdot s^{-1}$ a excentrické testy zahrnovaly dvě rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ a $120^\circ \cdot s^{-1}$. Měřila se dominantní a nedominantní dolní končetina. Výsledky poukázali na to, že dominantní dolní končetina dosahovala vždy vyšších výsledků než nedominantní. Dále výsledky poukázali na rozdíl mezi útočníky a záložníky při koncentrickém režimu u všech úhlových rychlostí ($60^\circ \cdot s^{-1}$, $p < 0,05$, $120^\circ \cdot s^{-1}$, $p < 0,01$, $240^\circ \cdot s^{-1}$, $p < 0,08$). Při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ v koncentrickém režimu dochází k výrazně vyšší síle hamstringu u útočníků ($p < 0,05$) než u záložníků na dominantní noze (1,47 vs. 1,19), ale také na nedominantní noze (1,37 vs. 1,14). Ostatní

naměřené hodnoty nevykazují výrazné korelace. Ze studie vyplývá, že každá pozice na hřišti znamená specifické somatotypy se specifickými silnými stránkami a to ovlivňuje i celkovou sílu svalů kolenního kloubu. Další zajímavou studií, je studie Monolopoulos (2004), která zkoumala závislost tréninku síly a koordinace na výkony kopu ve fotbale. Studie se zúčastilo dvacet fotbalistů (n=10, věk 19,9 - 0,4, tělesná hmotnost 74,8 - 9,1 kg, výška 177,4 - 6,7 cm) a kontrolní skupina deseti hráčů (n=10, věk 21,6 - 1,3 let, hmotnost 71,5 - 6,7 kg, výška 175, 2 až 3, 4 cm). Obě dvě skupiny absolvovaly 10-týdenní fotbalový tréninkový program, který kombinoval sílu a techniku kopu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 4.

Tabulka 4: Hodnoty měření před a po tréninkovém programu.

	Expimerintální skupina		Kontrolní skupina	
	před	po	před	po
1 měření				
Horintální LD	32,70 ± 10,1	52,7 ± 10,7	33,3 ± 20,10	39,40 ± 18,11
Vertikální LD	95,70 ± 4,90	95,11 ± 4,41	98,12 ± 6,71	96,42 ± 5,21
Horizontální LV	3,12 ± 0,30	4,04 ± 0,23	3,32 ± 1,20	3,39 ± 1,2
Vertikální LV	- 0,67 ± 0,50	-0,68 ± 0,21	-0,45 ± 0,21	-0,47 ± 0,31
2 měření				
Horintální LD	48,20 ± 11,1	69,01 ± 14,31	50,31 ± 24,0	59,51 ± 15,01
Vertikální LD	92,80 ± 4,40	92,31 ± 5,11	94,90 ± 6,61	93,11 ± 5,21
Horizontální LV	3,74 ± 1,00	3,42 ± 0,60	3,33 ± 0,50	3,44 ± 0,50
Vertikální LV	-0,47 ± 0,5	-0,13 ± 0,31	-0,04 ± 0,51	-0,08 ± 0,51
3 měření				
Horintální LD	63,50 ± 17,00	90,6 ± 8,60	66,71 ± 26,0	75,63 ± 19,17
Vertikální LD	94,50 ± 4,80	94,0 ± 5,60	97,92 ± 8,01	95,90 ± 6,41
Horizontální LV	3,06 ± 1,18	2,93 ± 0,63	2,39 ± 1,01	2,67 ± 0,79
Vertikální LV	0,74 ± 0,50	1,08 ± 0,78	0,81 ± 0,51	0,84 ± 0,51

LD = lineární změna polohy, LV = lineární rychlost

Výsledky, kterých bylo dosaženo naznačují, že tento fotbalový trénink, který kombinuje sílu a techniku pozitivně ovlivňuje kop ve fotbale.

2.2.5 Vývojové zákonitosti a rozvoj silových schopností

Rozvoj silových schopností může být využíván v každém věkovém období. Řada autorů naopak tvrdí, že pokud dojde k zanedbaní přirozeného rozvoje silových schopností, může to zapříčinit nedostatečný nebo opožděný vývoj jedince. Dle Dovalila (2002) můžeme věkové zákonitosti definovat jako změny tělesných proporcí a rozměrů, psychiky, výkonnosti, chování a změny ve stavbě a funkci tělesných orgánů. Dle dalších autorů Ekstrand, Hodson, Karlsson (2005) a Dovalila (2002) je nejdříve ukončen růst a vývoj mozku, o mnoho let později dochází ke konečné fázi vývoje svalového systému a nakonec k vývoji pohlavních orgánů, jejichž hormony ovlivňují vývoj svalstva a jeho sílu. Celkově tělesný vývoj u chlapců končí zhruba okolo 18-20 roku. Co se týče kostí a kloubních vazů, ty se vyvíjejí do konečné podoby, až po ukončení vývoje svalů (Havličková, 2003; Dovalil, 2002). Další autoři, kteří ve svých pracích uváděli, vývojové zákonitosti z hlediska rozvoje síly píše Bangsbo (2003), svalová síla se vyvíjí mnohem rychleji, než síla vazů, šlach a pojivových tkání. Pokud se v raném věku rozvíjí nepřiměřeně silové schopnosti dochází k nevyváženosti mezi svalovou silou a silou okolních struktur. Nadměrné využití maximální zátěže vede k přetržení pojivových tkání, vazů a šlach. Havličková (2003) dodává, u mužů se dosahuje maximální síly kolem 20 roku.

2.2.6 charakteristika vývojových zákonitostí

Mladší školní věk (6-11 let)

Jedná se o období zvyšování výšky těla, hmotnosti a růstu všech orgánů. Kostra však zatím vyvinutá není, proto je dobré věnovat pozornost návyku správného držení těla (Dovalil, 2002). Z hlediska pohybu v tomto raném období musí být pohybová činnost pestrá a často obměňovaná (Dovalil, 2002; Buzek 1999). Další autor Hájek (2001) doporučuje rozvoj komplexní síly především trupu, velkých svalových skupin a svalů, které se podílejí na správném držení těla. Pokud tedy budeme sestavovat tréninkový plán rozvoje silových schopností ve fotbale, musíme vycházet z těchto zákonitostí. Pro rozvoj síly lze využívat velmi lehkých vah nebo váhu vlastního těla. Westcott (2013) doporučuje pro rozvoj v daném věku následující frekvence rozvoje síly je 2-3x týdně, délka tréninku do 20min., počet opakování v sérii 10-15x a cvičení s volnými vahami nebo s vlastním tělem. Vhodná cvičení ve fotbale jsou například štafetové sprinty na

rozvoj akční a reakční rychlosti, různé skoky, hody a kopy pro rozvoj dynamické síly, slalomová cvičení pro rozvoj koordinačních schopností a také rozvoj kloubní pohyblivosti. Důležitý je individuální vývoj jedince.

Starší školní věk (11-15 let)

V tomto období dochází ke změnám vnitřního prostředí organismu. Urychluje se růst, mění se výška těla, hmotnost těla a celková svalová síla. Je to dáno hormonálním působením. Současně však na tyto změny nejsou připraveny zejména vazy, šlachy a pojivové tkáně (Dovalil, 2002). Havlíčková (2003) tvrdí, z hlediska výkonu je vývoj kostí limitující, jelikož ještě nejsou zcela vyvinuté. Trénink pokračuje v rozvoji obratnosti a více se začíná zaměřovat na techniku provedení pohybu. Je to důležité období, pro získání rychlostního základu (Dovalil, 2002). Silové schopnosti, jak uvádí Hájek (2001) se rozvíjejí nerovnoměrně. Je to dáno vývojem kostí. Ve fotbale je toto období provázeno často úpadkem výkonnosti. Je to způsobeno právě nerovnoměrností segmentů. Proto by k tomu mělo být přihlíženo a zároveň se jedná o období, kdy můžeme úspěšně stimulovat rychlost a rychlostně silové schopnosti. V tomto období lze využít metodu rychlostní a plyometrickou. Vhodné jsou sprinty na krátkou vzdálenost, skoky a přeskoky a rozvoj reakční rychlosti. Nesmíme zapomínat, že ve fotbale rychlost není jenom výsledkem běhu, ale je tu více aspektů rychlostí, které nám vstupují do hry. Je to například rychlost práce s míčem, rychlost běhu s míčem, ale i rychlost myšlení a řešení těžkých situací apod. Tímto věkovým obdobím se zabývá studie Rathleff (2013), která zkoumá PFP syndrom (bolesti česky) ve věku 12 až 16 let. V této studii se porovnávali dvě skupiny. Jedna sestávala z 20 zdravých jedinců a druhá z 20 jedinců, kterým bylo diagnostikováno PFP. Měřila se síla kolenní extenze a flexe, kyčelní abdukce a addukce a její vnější a vnitřní rotace. Dále se měřila izometrická síla na dynamometru při rychlostech $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ u flexe a $90^{\circ}\cdot s^{-1}$ u extenze. Výsledky poukázali na to, že nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v síle extenze kolenního kloubu ($\Delta 0,3\%$ BW, $p = 0,97$), síle flexe kolenního kloubu ($\Delta 0,4\%$ BW, $p = 0,84$) a síle kyčelního kloubu ($\Delta 0,4$ až $1,1\%$ BW, $p = 0,35$). BW je izometrická intenzita rozšíření kolene v poměru k tělesné hmotnosti. Z těchto výsledků je patrné, že u této věkové skupiny není bolestivost kloubu doprovázena snížením výstupní svalové síly, což může být jeden z důvodů, proč je v této věkové skupině zvýšené riziko zranění. Závěr této studie je, že adolescenti s PFP mezi 12 až 16 lety neměli sníženou izometrickou svalovou sílu

kolene a kyčle. Tyto výsledky zpochybňují důvody zaměřené na deficit síly při léčbě adolescentů s PFP. Nicméně silový trénink může být stále účinným lékem pro osoby s PFP, které trpí nedostatkem síly.

Adolescence (15-20 let)

Dovalil (2002) uvádí na konci tohoto období, dochází k plnému tělesnému rozvoji. Dochází ke zvyšování tréninkových nároků a je to také období, maximální trénovanosti. Hájek (2001) doplňuje, jedná se o období plné pohlavní zralosti a dochází k ukončení pohybového růstu. Ve fotbalovém prostředí dochází ke zvyšování zátěže. Běžné jsou například běhy s kotníkovou zátěží apod.

Testování metabolických faktorů vychází z tabulky energetického krytí. V závislosti na intenzitě provádění pohybu a době trvání se uplatňují různé systémy energetického krytí. Dovalil (2010) uvádí, že v praxi lze metabolické faktory testovat pomocí rychlosti pohybu a parametrů s ní souvisejících. Například rychlost lokomoce, hrací tempo nebo frekvence pohybů. Intenzita zatížení je vyjádřena také velikostí překonané vzdálenosti, potažmo výšky nebo velikostí odporu, který překonáváme. Jindy můžeme určit intenzitu subjektivním odhadem, zdali je intenzita nízká, střední nebo vysoká podle Borgovy škály (Placheta, 2005). Z hlediska fotbalového prostředí můžeme zařazovat zatížení rychlostně vytrvalostního charakteru. Zvyšujeme tréninkové nároky. Může začít uplatňovat tréninky zaměřené na rozvoj maximální síly. Před samotným začátkem rozvoje maximální síly je třeba se věnovat technice provedení pohybu. Vhodná metoda je například metoda vytrvalostní a maximálního úsilí pro rozvoj silových schopností. Klasickým cvičením jsou běhy se závažím nebo do kopce, běhy v písku apod.

Studie Christou (2006) zkoumala účinky silového tréninku na fyzické schopnosti dospívajících fotbalistů. Testování bylo podrobena 18 fotbalistů ve věku od 12 do 15let. Testovala se maximální síla, antropomotorické předpoklady, skok do výšky, čas na sprint a agility, flexibilita a technické dovednosti ve fotbale. Měření probíhala před začátkem tréninkového procesu, v osmém týdnu a šestnáctém týdnu. Fotbalisti byli rozděleni na experimentální skupinu (STR) a kontrolní skupinu (SOC). Výsledky poukázali na to, že došlo ke zlepšení u maximální síly v leg pressu STR (58,8%) a SOC (33,8%), bench press STR (52,3%), skok do výšky STR (31%) a SOC (9,8%), čas na sprint a agility STR po 16 týdnech (2,5%), agility 10x5m po 8 týdnech (3,5%), 16

týdnech (4%), flexibilita STR (8,2%) a technické dovednosti ve fotbale STR (4%). Ze studie vyplývá, že tento silový trénink pozitivně ovlivňuje fyzické schopnosti dospívajících fotbalistů.

Obecně platí, při zatěžování dětí se musí vždy vycházet z biologického věku dítěte. Rozvoj silových schopností lze provádět v každém věku s tím, že se vždy musí respektovat vývojové zákonitosti a podle potřeby upravovat a sestavovat trénink, tak aby byl přesně stavěn na míru toho, kdo bude daný trénink vykonávat.

2.1.7 Testování silových schopností

Mechanické testování neboli testování průběhu svalové kontrakce, rychlosti kontrakce a délky svalu můžeme testovat v laboratorních podmínkách pomocí speciálních trenažérů, které jsou napojeny na software s nepřeberným množstvím vyhodnocení svalového projevu. Jeden z těchto trenažérů a to konkrétně izokinetický dynamometr Humac Norm (Cybex) je použit i v této bakalářské práci. Testování výbušné síly podle Psotty (2006) a Měkoty (1979) jsou skok vysoký, skok daleký z místa odrazem jednož a skok daleký z místa odrazem sounož. Testování maximální síly může být provedeno pomocí vertikálního skoku, čtyřskoku nebo hod plným míčem. V laboratorních podmínkách to může být leg press, dřepy na multipressu apod. Testování vytrvalostní síly je provádění dřepů po dobu jedné minuty. Podle Měkoty a Blahuše (1983) můžeme testování síly rozdělit na testy dynamické síly, výbušné, vytrvalostní a na testy statické síly. K testování statické síly se využívá dynamometr, k testování dynamické vytrvalosti jsou používány testy sed lehy, kliky nebo shyby a nakonec testování dynamické, výbušné síly se využívají například skoky z místa. Všechny tyto testy využíváme k vyhodnocení úrovně trénovanosti. Při rozvoji silových schopností ve fotbalovém prostředí je nezbytnou podmínkou dosažení vysoké výkonnosti. Většinou se tyto testy provádějí na začátku a na konci přípravného období a poté se vyhodnocuje výsledek.

3. Praktická část

3.1. Cíle práce

Cílem této práce je zjistit závislost mezi maximálním dosaženým výkonem na leg-pressu a silou pomocí izokinetického měření na dynamometru Cybex u hráčů fotbalu U15, U16 a U17.

3.1.2 Úkoly práce

- výběr vhodné skupiny pro naměření atributů
- provést měření na leg-pressu
- obeznámit se s měřením na cybexu
- sbírání dat
- zkoumání a porovnávání výsledků z hlediska vzájemného působení
- vyhodnocení

3.1.3 Hypotézy

H1: Úroveň maximální a relativní síly zjištěné na leg-pressu bude významně korelovat s výsledky měření síly kolenní flexe a extenze na izokinetickém dynamometru.

H2: Úroveň maximální a relativní síly zjištěné na leg-pressu bude významně korelovat se silovými poměry kolenní flexe a extenze na izokinetickém dynamometru.

3.2 Metodika práce

Cílem mé práce je u mladých fotbalistů U15, U16 a U17 zkoumat závislost mezi dosaženými výsledky testování maximální síly na leg-pressu a výkonu pomocí izokinetického měření na dynamometru Cybex, které proběhlo na fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Budu využívat metodu měření a porovnávání. Měření bude probíhat na dynamometru Cybex a leg pressu a porovnávání proběhne v Excelu pomocí Personova korelačního koeficientu. Nakonec výsledky ze všech korelací budou zhodnoceny dle (Hopkins, 2002), kde je hodnota koeficientu 0,2 – 0,4 považována za nízkou úroveň korelace, 0,4 – 0,6 střední úroveň korelace a 0,6 – 0,8 za vysokou korelaci.

3.2.1 Popis skupin

Měření bylo prováděno celkem u čtyř skupin. Jednalo se o hráče Bohemians Praha ročníky U15, U16 a U17 a hráče SK Motorlet Praha ročník U17. Měření se celkem zúčastnilo 60 chlapců. Věk = $17,36 \pm 0,3$ let, výška = $178,36 \pm 1,95$ cm, tělesná hmotnost = $64,5 \pm 6,5$ kg, aktivní tělesná hmota (ATH) = $58,33 \pm 2,65$ kg.

3.2.2 Použité metody

Měření se uskutečnila na leg-pressu a na dynamometru zvaném Cybex. K vyhodnocení výsledků byly použity metody měření a porovnávání. Výsledné hodnoty jsem porovnal mezi sebou pomocí Personova korelačního koeficientu a následně vyhodnotil. Personův korelační koeficient popisuje vzájemný vztah mezi dvěma veličinami nebo procesy. Pokud dochází ke změně jedné z nich, mění se, neboli koreluje i druhá a naopak. Pokud dojde mezi dvěma veličinami nebo procesy ke korelaci, je pravděpodobné, že na sobě závisí. Nelze z toho však usuzovat, že by jeden z nich musel být příčinou a druhý následkem. To samotná korelace neumí, jelikož korelace neimplikuje kauzalitu

Výsledek z leg-pressu jsem porovnával s výkony na Cybexu při různé rychlosti. Pro statistické vyjádření Personova korelačního koeficientu jsem použil měřítko triviální ($<0,10$), malá ($0,10 - 0,29$), střední ($0,30 - 0,49$), vysoká ($0,50 - 0,69$), velmi vysoká ($0,70 - 0,89$) téměř perfektní ($\geq 0,90$) a perfektní ($r = 1$) (Hopkins, 2002). Pro vyhodnocení OM (opakovací maximum) jsem použil vzorec a tabulku podle (Brzycki, 1993).

Leg-press



Obrázek 1: Leg press (Incline, 2015)

Jedná se o stroj, při kterém jedinec tlačí závaží pomocí nohou před sebe. Samotná konstrukce vychází z plochy, která je čelně proti cvičenci. Na tuto plochu umisťuje cvičenec své dolní končetiny. Tato deska je součástí takzvaných „saní“, která jsou připevněna na kolejnice, po kterých saně jezdí. Podél saní jsou dlouhé tyče, na která se dávají kotoučová závaží. Dále je to sedačka s nastavitelnou polohou do které se cvičenec usadí. Celý stroj má dvě záchranné brzdy. Jedna celou dobu drží závaží v horní části stroje. Je umístěna u rukojetí podél sedačky. Po nadzvednutí závaží se musí dát pryč, jinak nedojde k pohybu saní po kolejnici. A druhá je umístěná před samotnou sedačkou. Je tam pro případ, kdyby došlo například při zvedání závaží ke zranění nebo neočekávané události, aby nám závaží nesjelo na nohy. Samotné cvičení na stroji zapojuje tyto svalové skupiny quadriceps, hamstringy, gluteus maximus a calves.

Před samotným testováním probíhala vždy teoretická část, kde bylo vysvětleno, jak bude měření probíhat a jakých minimálních výsledků by měli fotbalisté docílit, abychom mohli použít jen skutečná data. Následovala praktická ukázka správného technického provedení s důrazem na chyby, kterých by se měli fotbalisté vyvarovat a na co bude při měření kladen důraz. Při samostatném měření jsme pro jistotu, ještě jednou ve stručnosti vše zopakovali, abychom se vyvarovali chyb, jak z naší strany, tak hlavně ze strany fotbalistů. K samotnému měření. Každé měření předcházelo zahřátí s lehkým strečkem. Poté se fotbalista usadil do leg-pressu. Pod samotnou desku se závaží, jsme umístily odstupňovanou tabulku s čísly, abychom určily přesný rozsah pohybu, kdy docházelo k tomu, že fotbalista svíral úhel 90° v kolenním kloubu. Toto měření probíhalo bez závaží a šlo jen o to, aby si fotbalista zapamatoval číslo pod legpresem, při kterém dochází k požadovanému efektu. Poté každý fotbalista provedl deset až dvanáct opakování s hmotností 120kg. Z dostupného počtu opakování jsme podle Brzyckého (1993) vzorce dopočítali přibližnou hodnotu 1-OM. Mezi pokusy měl každý 2-5min interval odpočinku. Následně jsme nastavily požadovanou velikost odporu a fotbalista byl opět usazen do leg pressu. Tentokrát stačilo, aby fotbalista zvedl požadovanou hmotnost 1 až 3x. Podle výkonu jsme buď přidávali, nebo ubírali závaží. Výsledná maximální hodnota byla vyjádřena jako 1-OM (opakovací maximum). Hodnotu jsme zapsali do tabulky. Dále jsme dopočítaly hodnotu relativní síly, kdy jsme dali do poměru nejlepší výkon na leg pressu a hmotnost fotbalisty. Je třeba dodat, že pokud fotbalista nesplnil pohyb, při kterém byl úhel v koleni 90° , tak musel pokus znovu opakovat a tento pokus nebyl zaznamenán.

Obrázek 2: Výpočet OM (opakovací maximum), (Brzycki, 1993)

$$\text{Odhadnuté } 1 - RM = \frac{\text{zvednutá zátěž}}{1.0278 - 0.0278X}$$

X = počet opakování

Izokinetický dynamometr Humac Norm (Cybex Humac Norm, USA)



Obrázek 3: Cybex (izokinetický dynamometr, 2017)

Jedná se o přístroj, který dokáže testovat 22 izolovaných pohybů v kolenním a kyčelním kloubu, ramenním kloubu, zápěstí a hlezně. Cybex dokáže pracovat ve čtyřech nastavitelných módech izotonický, izokinetický, izometrický a pasivní. Celkové vyhodnocení svalového projevu je nepřehledné množství. K samotné konstrukci stroj se skládá ze sedačky a samotného předkopavacího zařízení. Sedačka je vybavena dvěma suchými pásky, které udržují stabilní polohu horní poloviny těla. Podél sedačky jsou rukojeti, za které se při testování fotbalisti drží. Dolní končetina, která není měřená, má k dispozici zářku, o kterou se opírá. Druhá dolní končetina, tedy měřená je připevněna jedním suchým páskem v oblasti stehna nad kolenem a druhým páskem, který je umístěný nad kotníkem. Odpor, který bude působit proti noze je nastaven speciálním softwarem.

Před samotným testováním opět probíhala teoretická část, kde je vysvětleno, jak bude měření probíhat. Následuje praktická ukázka správného technického provedení s důrazem na chyby, kterých by se měli fotbalisté vyvarovat a na co bude při měření kladen důraz. K samotnému testování, síla byla měřena při těchto rychlostech $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$,

$180^{\circ}\cdot s^{-1}$, $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $300^{\circ}\cdot s^{-1}$.Měřily se výkony extenze koncentricky levé a pravé nohy, flexe koncentricky levé a pravé nohy a nakonec flexe.

Měření předcházelo zahřátí a rozcvičení, kdy každý fotbalista vykonal 4–5x submaximálních pokusů s postupným zvyšováním intenzity. Poté následovalo samotné testování se třemi měřenými pokusy maximální intenzitou. Interval odpočinku byl mezi testovací a rozcvičovací sérií jedna minuta, mezi excentrickým a koncentrickým režimem dvě minuty a mezi dolními končetinami tři minuty. Vždy se naměřily hodnoty v jedné, určité rychlosti a poté se vyměnily dolní končetiny a test se opakoval. Rychlost na dynamometru Cybex byla $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, $180^{\circ}\cdot s^{-1}$, $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $300^{\circ}\cdot s^{-1}$. Měřily se extenze koncentricky, flexe koncentricky a flexe excentricky u levé a pravé dolní končetiny.

3.2.3 Sběr dat

Sběr dat probíhal vždy po každém měření, kdy jsme každý výkon zapsali do tabulky. V závěru měření jsme všechny hodnoty převedli do Excelu, pro následné zpracování.

Relativní sílu jsme zjistily pomocí Excelu, kdy jsme dali do poměru výkon v leg pressu s tělesnou hmotností a H/Q poměry jsme získali pomocí poměru mezi svaly hamstringu a kvadricepsu.

3.2.4 statistická analýza dat

Analýza dat probíhala v Excelu, kde jsme porovnávali výsledky z obou měření pomocí Personova korelačního koeficientu. Výsledné hodnoty jsme posuzovali podle Hopkins (2002).

4. Výsledky

Závislost síly na izokinetice

V následující tabulce jsou zaznamenány výsledky korelačních koeficientů. V prvním řádku jsou výsledky korelací maximální síly dosažené na leg-pressu s výkonem měřeným na přístroji Cybex. Druhý řádek poukazuje na korelaci mezi relativní silou, která se zjistila pomocí maximální dosažené síly na leg-pressu v poměru k tělesné hmotnosti a výkonem na Cybexu. A třetí řádek vyjadřuje korelaci mezi výkonem dosaženým na přístroji Cybex a maximální silou dosaženou na leg-pressu v poměru k aktivní tělesné hmotnosti. Všechny výsledky z přístroje Cybex byly naměřeny při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$, $180^\circ \cdot s^{-1}$, $240^\circ \cdot s^{-1}$ a $300^\circ \cdot s^{-1}$. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 5.

Tabulka 5: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.

	Extenze koncentricky (N.m)		Flexe koncentricky (N.m)		Flexe excentricky (N.m)	
	P	L	P	L	P	L
LP	0,27	0,05	0,13	0,04	0,04	0,1
LP _{BM}	0,04	0,06	0,01	0,02	0,06	0,09
LP _{ATH}	0,05	0,19	0,11	0,16	0,12	0,15

LP = leg press absolutní hodnota, LP_{BM} = výkon v leg pressu přepočtený na kg tělesné hmotnosti, LP_{ATH} = výkon v leg pressu přepočtený na aktivní tělesnou hmotu P = pravá dolní končetina, L = levá dolní končetina

Všechny výsledky jsou kladné, jedná se tedy o pozitivní korelaci. V prvním řádku, kdy se jedná o korelaci mezi maximální silou a výkonem na dynamometru Cybex, vyšla největší hodnota korelace extenze kolenního kloubu pravé dolní končetiny 0,27. Ve druhém řádku, kdy se posuzovala korelace mezi maximální silou a relativní silou je největší hodnota korelace u flexe kolenního kloubu levé dolní končetiny 0,09. A

nakonec ve třetím řádku, kdy se hledala závislost výkonů dosažených na dynamometru Cybex a maximální silou dosaženou v leg pressu přepočteným na aktivní tělesnou hmotu je největší hodnota u extenze kolenního kloubu levé dolní končetiny 0,09. Výsledkem celého měření je tedy slabá korelace extenze kolenního kloubu pravé dolní končetiny 0,27. Ostatní výsledky jsou zanedbatelné.

Další měření vycházelo opět z dosažených hodnot maximální síly na leg-pressu, které se porovnali s výkonem dosaženým na přístroji Cybex. Poté následovala korelace mezi relativní silou a výkonem na Cybexu a nakonec se hledala závislost mezi výsledky dosažených na Cybexu a silou na leg-pressu v poměru k aktivní tělesné hmotě. Rychlost na Cybexu byla nastavena na $180^{\circ}\cdot s^{-1}$. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 6.

Tabulka 6: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.

	Extenze koncentricky (N.m)		Flexe koncentricky (N.m)		Flexe excentricky (N.m)	
	P	L	P	L	P	L
LP	0,17	0,09	0,03	0,07	0,11	0,11
LP _{BM}	0,25	0,5	0,27	0,39	0,22	0,29
LP _{ATH}	0,22	0,49	0,27	0,37	0,2	0,27

LP = leg press absolutní hodnota, LP_{BM} = výkon v leg pressu přepočtený na kg tělesné hmotnosti, LP_{ATH} = výkon v leg pressu přepočtený na aktivní tělesnou hmotu P = pravá dolní končetina, L = levá dolní končetina,

Výsledky prvním korelace mezi maximální silou a výsledky dosaženými na dynamometru Cybex jsou velice malé a tudíž zanedbatelné. Ve druhém případě, kdy se jedná o závislost relativní síly a výsledků na Cybexu vyšli vysoké hodnoty u extenze kolenního kloubu levé dolní končetiny 0,5, flexe kolenního kloubu levé dolní končetiny 0,39 a flexe kolenního kloubu levé dolní končetiny excentricky 0,29. V prvním případě se tedy jedná o střední korelaci a v následujících závislostech se jedná o nízkou

korelaci. Ve třetím případě, kdy se hledala korelace mezi maximální silou dosaženou na leg pressu přepočtenou na aktivní tělesnou hmotu a výkonem dosaženým na dynamometru Cybex vyšli nejvyšší korelace u extenze kolenního kloubu levé dolní končetiny 0,49 a flexe kolenního kloubu levé dolní končetiny 0,37. Z těchto hodnot je patrné, že v prvním případě se jedná o střední korelaci a ve druhém o nízkou korelaci. V této situaci, kdy se upravila rychlost Cybexu na hodnotu $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ vycházejí korelace středních a nízkých hodnot. Z výsledků vyplývá, že mnohem lepší korelace mezi izokinetickým testem extenze a flexe kolenního kloubu dolních končetin a maximální silou v leg pressu dochází při vyšších rychlostech nastavených na dynamometru Cybex.

Další měření proběhlo se zvýšením rychlosti na dynamometru Cybex a to na hodnotu $240^{\circ}\cdot s^{-1}$. A zkoumalo se opět, jak spolu souvisí maximální síla na leg-pressu, relativní silou a silou v poměru k aktivní tělesné hmotě s výkonem dosaženým na dynamometru Cybex. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 7.

Tabulka 7: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.

	Extenze koncentricky (N.m)		Flexe koncentricky (N.m)	
	P	L	P	L
LP	0,09	0,17	0,16	0,1
LP _{BM}	0,35	0,56	0,43	0,41
LP _{ATH}	0,3	0,51	0,44	0,39

LP = leg press absolutní hodnota, LP_{BM} = výkon v leg pressu přepočtený na kg tělesné hmotnosti, LP_{ATH} = výkon v leg pressu přepočtený na aktivní tělesnou hmotu P = pravá dolní končetina, L = levá dolní končetina,

Ze všech hodnot je patrné, že rychlost, která je nastavena na Cybexu při měření flexe a extenze kolenního kloubu značně ovlivňuje celkové výsledky. Korelace mezi maximální silou a výkonem v dynamometru Cybex jsou velice malé. Pokud jde o korelaci mezi relativní silou a výkonem v dynamometru Cybex a korelací mezi výkonem na dynamometru Cybex a výkonem v leg pressu přepočtený na aktivní

tělesnou hmotu, zde vycházejí hodnoty střední a vysoké. Nejvyšší dosažená hodnota je u extenze kolenního kloubu levé dolní končetiny, při zkoumání korelace relativní síly s výkonem na dynamometru Cybex a to 0,56.

V dalším měření se zvýšila rychlost na dynamometru Cybex na hodnotu $300^{\circ}\cdot s^{-1}$. Vycházelo se opět z maximální síly, která se naměřila na leg-pressu, relativní síly a síly v poměru k aktivní tělesné hmotě. Tyto hodnoty se dávali do korelace. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 8.

Tabulka 8: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $300^{\circ}\cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.

	Extenze koncentricky (N.m)		Flexe koncentricky (N.m)	
	P	L	P	L
LP	0,08	0,08	0,12	0,08
LP _{BM}	0,41	0,46	0,43	0,35
LP _{ATH}	0,4	0,43	0,43	0,34

LP = leg press absolutní hodnota, LP_{BM}= výkon v leg pressu přepočtený na kg tělesné hmotnosti, LP_{ATH} = výkon v leg pressu přepočtený na aktivní tělesnou hmotu P = pravá dolní končetina, L = levá dolní končetina,

Výsledky naznačují, že se ve všech případech jedná o pozitivní korelaci, to znamená že, všechny výsledky vyšli s kladným znaménkem. V první řádce, kdy se hledali korelaci mezi maximální silou a výkonem v dynamometru Cybex vyšli velmi malé hodnoty. Maximální síla v tomto případě nekoreluje s výsledky dosaženými na dynamometru Cybex. Ve druhém a třetím případě se hodnoty pohybují v rozpětí od 0,34 do 0,46. Opět zde lze pozorovat korelaci nízkých až středních hodnot, jako u rychlosti $240^{\circ}\cdot s^{-1}$.

Při dalším měření se vycházelo z poměrů svalů hemstringu a kvadricepsu a jejich dosaženého výkonu na přístroji Cybex při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ a zkoumala se závislost tohoto výkonu s maximální silou na leg-pressu, relativní silou a silou k poměru s aktivní tělesnou hmotou. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 9.

Tabulka 9: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky maximální síly dosažených na leg pressu a H/Q poměry při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$

	Extenze koncentricky (N.m)		Flexe koncentricky (N.m)	
	P	L	P	L
LP	0,22	0,02	0,24	0,17
LP _{BM}	0,05	0,04	0,09	0,06
LP _{ATH}	0,01	0,01	0,09	0,02

LP = leg press absolutní hodnota, LP_{BM} = výkon v leg pressu přepočtený na kg tělesné hmotnosti, LP_{ATH} = výkon v leg pressu přepočtený na aktivní tělesnou hmotu P = pravá dolní končetina, L = levá dolní končetina,

Všechny výsledky, kterých se dosáhlo, nabývají kladných hodnot. Znamená to tedy, že se jedná o pozitivní závislosti. Jsou zde pouze dvě nízké závislosti na spodní hranici významnosti.

Při posledním měření se opět dali do poměru svaly hamstringu a kvadricepsu. Poté se provedli měření na přístroji Cybex, při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$. A nakonec se hledali závislost tohoto výkonu na maximální síle dosažené v leg-pressu, relativní silou a síle, která je v poměru s aktivní tělesnou hmotou. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 10.

Tabulka 10: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky maximální síly dosažených na leg pressu a H/Q poměry při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$.

	Extenze koncentricky (N.m)		Flexe koncentricky (N.m)	
	P	L	P	L
LP	0,13	0,01	0,02	0,05
LP _{BM}	0,12	0,06	0,04	0,1
LP _{ATH}	0,14	0,07	0,03	0,1

LP = leg press absolutní hodnota, LP_{BM} = výkon v leg pressu přepočtený na kg tělesné hmotnosti, LP_{ATH} = výkon v leg pressu přepočtený na aktivní tělesnou hmotu P = pravá dolní končetina, L = levá dolní končetina,

I v tomto případě jsou výsledky kladné, ale velice malé a triviální co do hodnoty. Nenalezli se tedy žádné korelace mezi proměnnými.

Při zkoumání korelace mezi relativní silou, výkonem z leg pressu přepočítaný na aktivní tělesnou hmotu a výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze jsou výsledky nejvíce ovlivněny rychlostí zvolené právě na přístroji Cybex při izokinetickém testu. V prvním případě, kdy se jednalo o rychlost $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ byli zaznamenány malé korelace u extenze kolenního kloubu pravé dolní končetiny a u flexe kolenního kloubu pravé a levé dolní končetiny. Jednalo se o korelaci mezi výsledky na dynamometru Cybex a maximální silou. Všechny ostatní byly zanedbatelné. Při zvýšení rychlosti na $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ se začala projevovat rychlost na výsledcích. Většina hodnot byla nižší, než u měření při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$. To znamená že, zvýšení rychlosti snížilo hodnoty většiny korelací.

Všechny výsledky mezi maximální silou a výkony dosaženými na dynamometru Cybex jsou ovlivněny především rychlostí, která je nastavena na dynamometru Cybex. Při hodnotách $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ vycházejí triviální, až malé hodnoty korelací. Při následné zvýšení rychlosti na $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ dochází ke zvětšení korelací na střední až vysoké korelace. U rychlosti $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ některé hodnoty opět vzrostli, ale zůstali v rozmezí středních až vysokých hodnot. A u rychlosti $300^{\circ}\cdot s^{-1}$ dochází naopak k mírnému poklesu hodnot, ale v rozmezí středních až vysokých hodnot. Nejlepší výsledky vycházejí při nastavení rychlosti na dynamometru Cybex mezi $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $240^{\circ}\cdot s^{-1}$.

Co se týče hledání korelace mezi izokinetickým testem kolenní flexe a extenze a výkonem dosaženým při poměru svalů hamstringu a kvadricepsu, zde k žádné korelaci nedochází. Nedochází ani ke zlepšení hodnot při zvýšení rychlosti na přístroji Cybex, ale spíše naopak můžeme ve většině případů pozorovat zhoršení hodnot korelace.

5. Diskuze

Výsledky, kterých jsem dosáhl, potvrdily první hypotézu a to, že maximální síla bude korelovat s výkonem na dynamometru Cybex. Druhou hypotézu nelze potvrdit. Existuje několik zajímavých studií, které byly provedeny na podobné téma. Například ve studii, kterou prováděl Kovalski (2001) se zkoumal vztah mezi svalovou silou dolních končetin v otevřeném (OKC) a uzavřeném (CKC) kinetickém řetězci a výkonem ve funkčních testech. Celého měření se zúčastnilo 15 mužů a 15 dívek.

Funkční testování bylo sestaveno ze tří jednotlivých testů. Byli to testy skok do výšky, skok do dálky při odrazu z jedné nohy a člunkový běh. Každý test předcházelo zahřátí, poté subjekt provedl tři po sobě jdoucí pokusy. Pro analýzu byl vždy vybrán ten nejlepší pokus. Skok do dálky při odrazu z jedné se měřil v centimetrech. Pásmo bylo umístěno po celé délce podlahy. Vzdálenost se měřila od nulové značky k patě subjektu a zaznamenána v centimetrech. Subjekt stál na dominantní noze, prsty se dotýkal nulové značky, ruce za zády, aby se zabránilo generování hybnosti. Poté skočil co nejdále z předepsané polohy a musel přistát na stejné noze ve vymezeném prostoru. Pokud došlo k porušení pravidel, pokus nebyl počítán a opakoval se. Skok do výšky při odrazu z jedné nohy byl naměřen pomocí přístroje, který nesl název Vertec (Sports Imports, Columbus, Ohio). Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 11.

Tabulka 11: Prostředky a standardní odchylky získané pro každou ze skupin proměnných (Kovaleski, 2001).

Izokinetická síla a funkční výkonnostní testy	
skok do výšky při odrazu z jedné nohy (cm)	37.34 ± 13.7
skok do dálky při odrazu z jedné nohy (cm)	164.59 ± 31.7
člunkový běh (s)	7.58 ± 1.1
(CKC) Maximální síla (N)	976.93 ± 207.1
(OKC) moment síly N*m)	217.80 ± 72.9

Izokinetická síla při skoku do výšky korelovala se skokem do dálky při odrazu z jedné nohy ($r = 0,448$, $p = 0,01$) a časem v člunkovém běhu ($r = -0,494$, $p = 0,01$). Výsledky ze skoku do výšky při odrazu z jedné nohy byli velice nízké a tudíž zanedbatelné ($r = 0,260$, $p = 0,12$). Izokinetická síla při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ měřená na přístroji LIDO prokázala korelaci se skokem do dálky při odrazu z jedné nohy ($r = 0,623$, $p = 0,0$) a časem v člunkovém běhu ($r = -0,510$, $p = 0,01$), a se skokem do výšky při odrazu z jedné nohy ($r = 0,327$, $p = 0,01$). Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 12.

Tabulka 12: Výsledky korelací izokinetické síly a funkčních testů

Proměnné		Hodnoty
izokinetická síla extenze Vertec (N.m)	skok do dálky při odrazu z jedné	$r = 0,448$, $p = 0,01$
	čas v člunkovém běhu	$r = -0,494$, $p = 0,01$
izokinetická síla flexe Lido N.m)	skok do dálky při odrazu z jedné	$r = -0,510$, $p = 0,01$
	skok do výšky při odrazu z jedné	$r = 0,327$, $p = 0,08$

Výsledky studie poukazují na nízké až střední hodnoty ve vztahu mezi kolenní extenzí, silou naměřenou na Vertecu, výkonem skoku do dálky při odrazu z jedné nohy a člunkovým během.

Tato studie vycházela z podobného principu jako ta naše. Jediný rozdíl byl v tom, že naše studie hledala korelaci mezi maximální silou v leg pressu a výkonem dosaženým v dynamometru Cybex, kdežto tato studie místo maximální síly použila jako druhou proměnou výkony dosažené ve funkčních testech. Korelace v této studii se pohybují v rozmezí středních až vysokých hodnot stejně jako v naší studii. Jedná se tedy o podobnou závislost proměnných.

Tyto objevy ze studie, kterou provedl Kovalski (2001) obecně souhlasí s výsledky mnoha předchozích studií, které zkoumaly produkci svalové síly v kolenu při extenzi a výkon funkčního aparátu. V další studii, kterou provedl Pincivero (1997) byli nalezeny nízké až střední korelace ($r = 0,33$ až $0,67$) mezi otevřeným kinetickým řetězcem (OKC) kvadricepsu, izokinetickou silou hamstringu a skokem do dálky při odrazu z jedné nohy u dobrovolníků bez předchozího výskytu poranění dolních končetin. Jiná studie, kterou vedl Robertson (1987), která zkoumala kinetiku velkého množství skoků, zase udává příspěvek kyčlí, kolen a kotníků 46%, 4% a 50%. Což značně zkresluje výsledky a zvyšuje standartní odchylku. Na celkovém výkonu se podílí velké množství biomechanických a neuromuskulárních proměnných. Vedle síly (např. rovnováha, koordinace, rychlost, reakční doba, flexibilita) se podílejí na úspěšném výkonu při plnění funkčních úkolů. Síla svalů tedy může představovat pouze část zjištěné odchylky. To by mělo za následek nízké až středně velké korelace, které byli pozorovány mezi izokinetickou silou a výsledky funkční výkonnosti. Další studie zaznamenala důležitou korelaci mezi izokinetickou silou extenze při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a izokinetickým pohybem v leg-pressu při $76,2$ cm/s ($r = 0,65$ a $0,76$) a mezi izokinetickou silou extenze při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a skokem do výšky při odrazu z jedné nohy ($r = 0,67$ a $0,76$). V této studii podle Robertsona (1987) se vycházelo z mnohem menších rychlostí při měření. Tato zjištění podporuje specifčnost rychlosti při hodnocení izokinetické síly v otevřeném a uzavřeném řetězci a ukazuje silnější vztah mezi izokinetickou silou stanovenou při vyšších rychlostech vůči skokům. Nízká i vysokorychlostní izokinetická síla naměřená v CKC nebo OKC koreluje s aktivitami typu rychlost nebo člunkový běh a zdůrazňuje potřebu dalšího výzkumu při jasnějším definování asociace měření

izokinetické síly se schopnostmi sprintu a člunkového běhu. Výsledky této studie obecně souhlasí se zjištěním jiných studií, že izokinetická síla OKC a CKC měřená při nízkých rychlostech vysoce nesouvisí s funkčními úkoly. Hodnocení a tím i výsledky jsou ovlivněny, pokud se jedná o zdravého a trénovaného jedince u otevřeného i uzavřeného řetězce izokinetické síly.

Výsledky, kterých jsem dosáhl při zjišťování korelace mezi hodnotami izokinetického testu kolenní flexe a extenze při různých rychlostech a maximální silou v leg pressu poukazují na dosažení větších hodnot u měření při vyšších rychlostech. Nejlepších výsledků jsem dosáhl u měření při rychlosti na přístroji Cybex mezi $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $240^{\circ}\cdot s^{-1}$. V této studii se vycházelo z rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ a korelační koeficienty se pohybovali v rozmezí od 0,26 až 0,62. Jednalo se tedy o nízkou až střední závislost. Při zvýšení rychlosti v další studii na $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ vzrostli hodnoty a dosahovali středně vysokých hodnot 0,65 až vysokých hodnot 0,76. Obecně tedy platí, při hledání korelace mezi izokinetickým testem a funkčními testy a mezi izokinetickým testem a maximální silou vycházet z rychlosti, která se může měnit na těchto přístrojích při měření izokinetiky. I když by se mohlo zdát, že se jedná o přímou úměrnost, v mé studii jsem prokázal, že od určité rychlosti ($300^{\circ}\cdot s^{-1}$) hodnoty korelací dále nestoupají, ale naopak klesají. Je otázka dalších měření, jaký by byl výsledek, při hledání korelace mezi funkčními testy a výsledky izokinetického testu při vyšších rychlostech. U rychlosti $300^{\circ}\cdot s^{-1}$ se během testování stávalo, že někteří testovaní nedosahovali této úhlové rychlosti po celou dobu prováděného pohybu. To znamená, že pro některé testované šlo o příliš rychlý pohyb pro produkci dostatečné úrovně výstupní síly. V první studii se použil protokol při měření izokinetiky kdy se provedlo pět opakování s maximálním úsilím. Náš protokol vycházel ze tří opakování maximálním úsilím, poté se měnila rychlost a test se opakoval. U sestavování těchto protokolů, by se mělo hlavně vycházet právě z počtu opakování. Jde o to, aby výsledky byly směrodatné a měli vysokou spolehlivost. Pokud se u těchto testů nastaví neadekvátní počet opakování, může to do značné míry zkreslit výsledky, ať už například únavou nebo přetížením svalů. V tomto případě by mělo platit čím méně a kvalitněji, tím lépe, proto je dobré volit počet okolo tří opakování. Vždy je lepší posoudit úroveň každého jedince, kterého měříme individuálně. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 13.

Tabulka 13: Výsledky korelace extenze izokintické síly a leg pressu

proměnné		hodnoty
izokinetická síla extenze Vertec (N.m)	skok do dálky při odrazu z jedné nohy	$r = 0,448, p = 0,01$
	čas v člunkovém běhu	$r = -0,494, p = 0,01$
izokinetická síla flexe Lido (N.m)	skok do dálky při odrazu z jedné nohy	$r = 0,623, p = 0,00$
	čas v člunkovém běhu	$r = -0,510, p = 0,00$
izokinetický pohyb v leg-pressu při 76,2 cm/s	izokinetická síla extenze při rychlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$	$r = 0,65$ a $0,76$
	skok do výšky při odrazu z jedné nohy	$r = 0,67$ a $0,76$

Jiná studie Lenhart (2018) zkoumá rizika zranění po specifické únavě u mladých fotbalistů. Studie se zúčastnilo 20 fotbalistů (věk $15,7 \pm 0,5$, výška $177,75 \pm 6,61$ cm, tělesná hmotnost $67,28 \pm 8,29$ kg). Měřil se index reaktivní síly (RSI), který byl stanoven skokem do výšky, ztuhlost dolní končetiny (LS) ten byl změřen dvaceti submaximálními skoky odrazem sounož a nakonec poměr hamstring/quadriceps, koncentrická a excentrická síla dominantní a nedominantní dolní končetiny (měřeno při úhlové rychlosti $1,05 \text{ rad} \cdot s^{-1}$ a $3,14 \text{ rad} \cdot s^{-1}$). Výsledky, kterých bylo dosaženo RSI výrazně vzrostla ($t = 3,806$; $p = 0,001$; $\omega^2 = 0,40$). Naopak u svalové únavy došlo k poklesu absolutní ztuhlosti dolní končetiny ($t = 4,411$; $p < 0,001$; $\omega^2 = 0,48$) a relativní

ztuhlost dolních končetin ($t = 4,326$; $p < 0,001$; $\omega^2 = 0,49$). Tyto výsledky nepotvrdily hypotézu, která předpokládala tato studie a to že, po specifické únavě dochází k většímu riziku zranění u mladých fotbalistů. Naše studie poukazuje na závislost mezi maximální silou výkonem měřeným na dynamometru Cybex. Lze tedy předpokládat určitou negativní závislost mezi specifickou únavou a výsledným výkonem naměřený na dynamometru Cybex.

Další zajímavá studie, kterou uvádí Peñailillo (2016) je zkoumání svalové síly a rychlosti u mladých fotbalistů. Cílem studie bylo ověřit vztah mezi maximální silou extenze dolní končetiny a výkonu dosaženým ve sprintu u mladých fotbalistů. Testu se zúčastnilo šedesát tři mladých hráčů ve věku ($12,5 \pm 1,3$ let) a hmotností ($79,3 \pm 26,9$ kg), kteří provedli sprint letmo na vzdálenost 5 m, 15 m a 20 m a člunkový běh. Poté byla změřena síla dolních končetin při extenzi. Vycházelo se z OM (opakovací maximum). Výsledky, které byly zjištěny poukazují na slabé a silné korelace síly letmo na 15 m ($r = -0,72$, $p < 0,001$) a na 20 m ($r = 0,67$, $p < 0,001$). Mezi tělesnou hmotností a sprintem letmo na 5 m ($r = -0,43$, $p < 0,001$), 15 m ($r = -0,75$, $p < 0,001$), 20 m ($r = -0,65$, $p < 0,001$). Mezi sprinty a člunkovým během ($r = -0,29$, $p < 0,001$) a mezi výškou a sprintem na 5 m ($r = -0,33$, $p < 0,01$) a 15 m ($r = -0,74$, $p < 0,001$). Výsledky ukazují, že síla svalů dolních končetin a antropometrické proměnné korelují se schopností sprintu. To naznačuje, že mezi mladými hráči fotbalu by měli být rozvíjeny antropometrické charakteristiky a silový trénink by se měl využívat ke zlepšení rychlosti běhu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 14.

Tabulka 14: Výsledky korelací mezi svalovou silou a rychlostí

proměnné		hodnota
síla dolních končetin při extenzi (N.m)	sprint letmo na 5m	$r = -0,39, p = 0,001$
	sprint letmo na 15m	$r = -0,72, p < 0,001$
	sprint letmo na 20m	$r = 0,67, p < 0,001$
tělesná hmotnost (kg)	sprint letmo na 5m	$r = -0,43, p < 0,001$
	sprint letmo na 15m	$r = -0,75, p < 0,001$
	sprint letmo na 20m	$r = -0,65, p < 0,001$
Sprinty (s)	člunkový běh	$r = -0,29, p < 0,001$
Výška (cm)	sprint letmo na 5m	$r = -0,33, p < 0,01$
	sprint letmo 15m	$r = -0,74, p < 0,001$

Několik dalších studií potvrzuje vztah mezi svalovou silou a rychlostí běhu. Studie podle Chelly Et al., (2009) prokázala významnou korelaci mezi (OM) opakovacím maximem, které bylo měřeno při dřepch a rychlostí sprintu přes 5m ($r = 0,66$) u dospělých hráčů fotbalu ve věku mezi 17 a 19 rokem. Podobné výsledky vyšli v další studii, kterou provedl Wisloff et al. (2004), který zaznamenala velmi silnou korelaci ($r = 0,94$) mezi (OM) opakovacím maximem při dřepu a 10 m sprintem u dospělých fotbalistů. K podobným výsledkům dospěla další studie, kterou uvádí Peterson et al. (2006) u sportovců v kolektivních sportech, kteří vykazují pozitivní vztah mezi maximální silou ohybačů kolenního kloubu a zrychlením v prvních 18 m ($r = 0,82$) a rychlostí běhu na 36 m ($r = 0,85$). Naše studie potvrdila závislost mezi maximální silou a výkonem měřeným na dynamometru Cybex. Lze tedy konstatovat, že síla a rychlost jsou dvě komponenty, které se vzájemně ovlivňují, jak potvrzují různé studie.

Mírné až velmi vysoké korelace byly nalezeny mezi maximální silou a časem na vzdálenost 5m letmo ($r = -0,40, p = 0,001$), 15 m letmo ($r = -0,72; p < 0,001$) a 20 m ($r = -0,67, p < 0,001$) (Peterson et al., 2006).

Korelace mezi maximální svalovou silou člunkovým během byla malá ($r = -0,29$; $p < 0,05$). Naopak maximální síla vysoce koreluje s věkem ($r = 0,67$, $P < 0,001$), tělesnou hmotností ($r = 0,92$, $p < 0,001$) a výškou ($r = 0,86$, $p < 0,001$). Další korelace byly zjištěny mezi tělesnou hmotností a časem potřebným k proběhnutí 20 m ($r = -0,64$, $p < 0,001$) a 15 m ($r = -0,74$, $p < 0,001$). Závislost středních hodnot vyšla u tělesné hmotnosti v závislosti na čase potřebným ke zdolání 5m ($r = -0,38$, $p = 0,002$) a agility ($r = -0,30$, $p < 0,001$). Výška korelovala s během na 15 m ($r = -0,74$, $p < 0,001$) a 20 m ($r = -0,64$, $p < 0,001$). U času v běhu na 5m byla korelace méně významná ($r = -0,33$, $p < 0,01$). Agility a výška měli malou korelaci ($r = -0,28$, $p < 0,05$). Naše studie potvrdila závislost mezi maximální silou a výkonem měřeným na dynamometru Cybex. Vzhledem k této studii lze říci, že hodnoty síly a rychlosti, jsou ovlivněny parametry jako je výška a hmotnost každého jedince. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 15.

Tabulka 15: Výsledky korelací mezi OM (opakovací maximum) a rychlostí

Proměnné		Hodnota
maximální síla (N.m)	čas v běhu na 5m	$r = -0,40, p = 0,001$
	čas v běhu na 15m	$r = -0,72; p < 0,001$
	čas v běhu na 20m	$r = -0,67, p < 0,001$
	člunkový běh	$r = -0,29; p < 0,05$
	věk	$r = 0,67, p < 0,001$
	tělesná hmotnost	$r = 0,92, p < 0,001$
	výška	$r = 0,86, p < 0,001$
tělesná hmotnost (kg)	čas v běhu na 5m	$r = -0,38, p = 0,002$
	čas v běhu na 15m	$r = -0,74, p < 0,001$
	čas v běhu na 20m	$r = -0,64, p < 0,001$
	agility (člunkový běh)	$r = -0,30, p < 0,001$
tělesná výška (cm)	čas v běhu na 5m	$r = -0,33, p < 0,01$
	čas v běhu na 15m	$r = -0,74, p < 0,001$
	čas v běhu na 20m	$r = -0,64, p < 0,001$
	agility (člunkový běh)	$r = -0,28, p < 0,05$

Celkové výsledky potvrzují korelaci mezi svalovou silou extenzorů a během na 15m a mezi svalovou silou a během na 20m u fotbalistů ve věku 10 – 14 let. Tyto výsledky jsou podobné jako výsledky z předchozí studie, která byla provedena ve fotbalovém prostředí u dospělých a u atletů McBridem a kol. (2009), Petersonem a kol., (2006) a Wisloffem a kol. (2004). Data obecně podporují hypotézu, že existuje silný vztah mezi maximální silou, sprintem a agility u mladých fotbalistů. Další významný vztah je mezi tělesnou hmotností a časem potřebný ke sprintu na 30 m ($r = -0,54$). To je v souladu s jinými autory Malinou a kol. (2004) a Mujikem a kol. (2009), kteří prokázali, že tělesná hmotnost je nejvíce významný prediktor rychlosti běhu u dětí. To samé platí i o výšce, proto by měly být zohledněny při hodnocení fotbalistů do 14 let, protože nejsou jen indikátory biologické zralosti hráčů, ale mohou také rozlišovat ty hráče, kteří jsou rychlí

a ti, kteří získali dobré výsledky v důsledku pokročilé vyspělosti. Konečně silný a konzistentní vztah mezi silou a rychlostí indikuje, že zvýšení maximální svalové síly může zlepšit výkon ve fotbale.

6. Závěr

Výsledky potvrdily středně velkou závislost mezi maximální silou a výkonem měřený na dynamometru Cybex. První hypotéza se tedy potvrdila v případech korelace mezi dynamometrem Cybex nastavený na rychlost $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a relativní silou u flexe a extenze kolenního kloubu levé dolní končetiny. Mezi dynamometrem Cybex nastavený na rychlost $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a výkonem v leg pressu přepočtený na aktivní tělesnou hmotu u flexe a extenze kolenního kloubu levé dolní končetiny. K dalším korelacím docházelo mezi relativní silou a výkonem naměřeným dynamometrem Cybex při rychlosti $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $300^{\circ}\cdot s^{-1}$ a to u flexe a extenze kolenního kloubu pravé a levé dolní končetiny. A nakonec docházelo ke korelacím mezi výkonem v leg pressu přepočteným na aktivní tělesnou hmotu a výkonem na dynamometru Cybex při rychlosti $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $300^{\circ}\cdot s^{-1}$ a to u flexe a extenze kolenního kloubu levé a pravé dolní končetiny. Co se týče druhé hypotézy, zde byly naměřeny zanedbatelné hodnoty. Z těchto hodnot lze usuzovat, že se nejedná o žádnou korelaci mezi poměrem H/Q a maximální silou na leg pressu. Další podobné studie prokázali střední až vysoké závislosti maximální síly na rychlosti měřené většinou pomocí funkčních testů. Většina studií se shodují na tom, že výkon fotbalisty je především dán velikostí rozvoje síly a rychlosti. Kromě těchto parametrů, však existuje další řada vlastností, které jsou potřeba, aby se právě síla a rychlost dostatečně projevily.

Seznam použité literatury

ALWAY, S. E. *Basic principles of strength training*. Scholastic coach. 61/1992, č. 8, s. 40-41.

BAECHLE, T. R., EARLE, R. W. *Essential of strength training and conditioning*. 3th ed. Champaign: Human Kinetics, 2008. ISBN-10: 0-7360-5803-6.

BANGSBO, J. *Fitness training in soccer: a scientific approach*. Spring city: Reedswain, 2003. ISBN 1-59164-062-8

BARTŮŇKOVÁ, S. a kol. *Praktická cvičení z fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Karolinum, 1996.

BAUER, G. *Hrajeme fotbal. Průvodce sportem*. 2. vyd. České Budějovice: KOPP nakladatelství, 2006, ISBN 80-7232-277-X

BUZEK, M., PROCHÁZKA, L. *Česká fotbalová škola*. Praha: Olympia, 1999.

BRZYCKI, Matt. *Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue*. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*. 1993, 64(1), 3.

COMETTI, G. *Isokinetic Strength and Anaerobic Power of Elite, Subelite and Amateur French Soccer Players*. Dijon, France, 2000.

ČELIKOVSKÝ a kol. *Antropomotorika: pro studující tělesnou výchovu*. Praha: SPN, 1990. ISBN 80-04-223248-5.

DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-760-0

EKSTRAND, J., HODSON, A., KARLSSON, J. *Football Medicine*. Londýn: Routledge, 2005. ISBN 1-84184-164-1.

GAJDA, V. *Antropomotorika pro rekreology*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě 2004.

HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže I*. UK Karolinum

HÁJEK, J. *Antropomotorika*. UK Pedagogická fakulta, 2001. ISBN 80-7290-063-3.

Hopkins WG. A scale of magnitudes for effect statistics. 2002. A new view of statistics from <http://sportsoci.org/resource/stats/effectmag.html>. Accessed 01. 10. 2014

CHOLETT, C. Isokinetic knee muscle strength of soccer players according to their position. University of Rouen, France, 2000.

CHRISTOU, Marios. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of strength and Conditioning Research*. 2006, 20(4), 8.

INCLINE LEG PRESS. Synergy Fitness [online]. Australia, 2015 [cit. 2017-08-20]. Dostupné z: <https://www.synergyfitness.com.au/products/incline-leg-press/>

Izokinetický dynamometr Humac Norm (Cybex Humac Norm, USA). *Www.ftv.cuni.cz* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-08-20]. Dostupné z: <http://www.ftvs.cuni.cz/FTVS-1046.html>

KRAEMER, W. J., NOBLE, B. J., CLARK, M. J., CULVER, B. W. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med*. 1987 Aug;8(4):247-52.

KOVALESKI, John E. Kovalski. *Relationship Between Closed-Linear-Kinetic and Open-Kinetic-Chain Isokinetic Strength and Lower Extremity Functional Performance* [online]. USA, 2001 [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://www.ayfcoaching.com/AcuCustom/Sitename/Documents/DocumentItem/1859.pdf>. Studie. Health and Physical Education, at the University of South Alabama,. Vedoucí práce John E. Kovalski.

LEHNERT, Michal. Changes in injury risk mechanisms after soccer-specific fatigue in male youth soccer players. Palacky University Olomouc.

MANOLOPOULOS, E. Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS*. 2004, 2006(16), 9. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00447.x.

MĚKOTA, Karel. *Měření a testy v antropomotorice III*. Olomouc, 1979. 254 s.

Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

NEWMAN, MARK A. RELATIONSHIPS BETWEEN ISOKINETIC KNEE STRENGTH, SINGLE-SPRINT PERFORMANCE, AND REPEATED-SPRINT ABILITY IN FOOTBALL PLAYERS. Bathurst NSW, Australia., 2004.

PEŘIČ, T.; DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. 160 s. ISBN 978-80-247-2118-7

PEÑAILILLO, Luis. Muscle Strength and Speed Performance in Youth Soccer

Players. *Journal of Human Kinetics volume* [online]. 2016, 2016(50), 1-8 [cit. 2017-08-21].DOI:10.1515/hukin-2015-0157.Dostupné:

<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/hukin.2015.50.issue-1/hukin-2015-0157/hukin-2015-0157.pdf>

PAVLÍK, J. Poznámka k definici a struktuře silových schopností člověka. *Česká kinantropologie*., 1999, 3, č.1.,s. 101 – 104.

Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RJ. Relation between open and closed kinematic chain assessment of knee strength and functional performance. *Clin J Sport Med*. 1997;7:11-16.

PLACHETA et al. (2005). *Praktická cvičení z klinické fyziologie*. Brno: MU.

POLIQUN, Ch. *Tudory and methodology of strength training- At which speed should repetition be performed?* Sports Coach. 13/ 1990, č. 2, s. 35-38

PSOTTA, R. *Fotbal: kondiční trénink*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-0821-3.

PLATONOV, Vladimír. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. Kiev, 2004. ISBN 966-7133-64-8.

PETR, M., a ŠŤASTNÝ, P., *Funkční silový trénink.*, Praha: UK FTVS, 2012, ISBN 978-80-86317-93-9

RATHLEFF, Camila Rams. Hip and Knee Strength Is Not Affected in 12-16 Year Old Adolescents with Patellofemoral Pain - A Cross-Sectional Population-Based Study. Aalborg University Hospital, Denmark, 2013.

REILLY, T. The science of training- soccer: a scientific approach to developing strength, speed and endurance. New York: Routledge, 2007. ISBN 978-0-415-38447-6

Robertson DGE, Fleming D. Kinetics of standing broad and vertical jumping. Can J Sports Sci. 1987;12:19-23.

STACKEOVÁ, D. Fitness: Metodika cvičení ve fitness centrech. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0840-5.

STOPPANI, J. Encyclopedia of muscle. Champaign, IL: Human Kinetics, 2006. ISBN 978-073-6057-714.

V KOMI, Paavo. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics* [online]. 2000, 2000(33), 1-10 [cit. 2017-08-23]. Dostupnéz: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929000000646?via%3Dihub>

WEINECK, J. *Wie verbessere ich die Kraft*. Fussballtraining, 1995, č. 13, str. 8

Westcott, W. & Faigenbaum, A. (2013). *Strength Training for Kids*. Retrieved from: <http://www.ideafit.com/fitness-library/strength-training-for-kids>

ZATSIORSKY, Vladimir M. a William J. KRAEMER. Silový trénink: praxe a věda. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2014. 348 s. ISBN 9788020432612.

Seznam tabulek obrázků a grafů

Tabulky

Tabulka 1: Energetické krytí v závislosti na čase.....	41
Tabulka 2: Hodnoty měření na dynamometru při rychlostech $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, $150^{\circ}\cdot s^{-1}$ a $240^{\circ}\cdot s^{-1}$	26
Tabulka 3: Hodnoty funkčních testů.....	26
Tabulka 4: Hodnoty měření před a po tréninkovém programu.....	34
Tabulka 5: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.....	44
Tabulka 6: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.....	45
Tabulka 7: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.....	46
Tabulka 8: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky izokinetického testu kolenní flexe a extenze při rychlosti $300^{\circ}\cdot s^{-1}$ a maximálním leg pressem.....	47
Tabulka 9: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky maximální síly dosažených na leg pressu a H/Q poměry při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$	48
Tabulka 10: Hodnoty korelačního koeficientů mezi výsledky maximální síly dosažených na leg pressu a H/Q poměry při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$	48
Tabulka 11: Prostředky a standardní odchylky získané pro každou ze skupin proměnných.....	51
Tabulka 12: Výsledky korelací izokinetické síly a funkčních testů.....	51
Tabulka 13: Výsledky korelace extenze izokinetické síly a leg pressu.....	54
Tabulka 14: Výsledky korelací mezi svalovou silou a rychlostí.....	56

Tabulka 15: Výsledky korelací mezi OM (opakovací maximum) a rychlostí.....58

Obrázky

Obrázek 1: Leg press (Incline, 2015)

Obrázek 2: Výpočet OM (opakovací maximum), (Brzycki, 1993)

Obrázek 3: Cybex (izokinetický dynamometr, 2017)

Přílohy

Tabulka 1: Data z dynamometru při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$

60°P K Ext	60°L K Ext	60°P K Flex	60°L K Flex	60°P E Flex	60°L E Flex
123	145	54	43	65	85
229	194	136	119	160	123
118	133	66	89	111	129
175	172	76	91	117	163
117	137	73	66	76	79
212	220	113	132	165	182
174	159	92	75	88	76
174	159	94	81	117	111
174	231	114	123	125	156
217	229	142	123	132	130
161	199	87	100	113	52
179	188	111	89	129	137
170	170	84	91	132	123
182	186	81	71	102	126
175	178	89	117	99	126
231	212	111	96	136	144
195	149	65	72	81	77
172	205	114	114	148	114
160	168	99	87	94	95
157	160	87	69	102	66
145	153	102	92	110	114
113	137	85	73	108	100
127	183	88	95	89	127
195	212	125	141	113	118
217	229	142	123	132	130
263	202	136	107	231	170
168	176	110	106	133	151

153	151	87	69	110	103
241	233	159	141	210	186
175	186	100	95	146	137
216	201	106	114	123	75
187	161	83	92	102	119
214	198	123	126	127	119
198	225	121	119	136	144
193	195	92	126	134	122
209	220	123	121	123	132
206	207	107	111	146	142
206	220	114	92	166	133
191	195	111	114	118	126
163	190	89	103	137	99
193	176	96	111	117	130
168	198	96	102	89	103
170	174	81	89	115	115
194	184	85	96	155	141
170	145	96	80	111	99
167	186	94	91	110	99

Tabulka 2: Data z dynamometru při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$

180°P_K_Ext	180°L_K_Ext	180°P_K_Flex	180°L_K_Flex	180°P_E_Flex	180°L_E_Flex
92	112	43	52	77	91
161	127	75	62	136	122
95	84	49	73	114	129
134	133	38	65	117	138
107	100	61	69	81	98
157	165	89	81	161	157
104	85	68	52	111	66
122	102	65	52	142	133
161	198	103	95	159	179
142	153	117	92	163	144
69	111	12	52	121	80
129	141	88	73	118	0
134	125	76	69	114	137
102	117	58	45	106	123
149	130	77	87	99	127
164	133	85	52	148	164
155	113	27	54	87	91
129	126	95	84	195	168
114	123	56	53	85	104
100	114	75	60	119	136
115	149	94	76	127	126
85	108	61	54	117	104

88	119	71	56	58	122
161	167	114	119	161	171
142	153	117	92	163	144
186	170	88	96	209	178
113	111	87	75	123	153
114	138	62	65	98	108
187	170	121	102	202	190
164	134	73	64	171	151
145	137	79	66	118	100
117	136	58	77	98	140
148	146	106	110	110	125
142	152	102	89	145	156
141	129	75	85	122	142
149	141	102	84	149	159
129	137	79	73	141	137
164	146	89	73	149	129
133	121	85	66	132	121
114	122	77	81	144	140
129	121	66	73	134	140
110	142	73	84	85	110
149	138	89	88	132	111
113	119	42	64	156	136
113	115	73	79	107	103
108	113	68	75	102	119

Tabulka 3: Data z dynamometru při rychlosti $240^{\circ}\cdot s^{-1}$

240°P_K_Ext	240°L_K_Ext	240°P_K_Flex	240°L_K_Flex
94	102	41	61
123	118	33	46
89	79	47	68
104	107	54	64
104	94	50	65
137	141	75	71
102	77	69	47
85	83	43	41
144	168	95	83
121	129	98	88
80	81	28	37
107	115	77	50
118	121	65	65
92	84	54	45
145	122	73	80
141	141	79	58
134	95	15	52
104	130	84	71
117	103	47	50
98	102	65	57
106	130	84	64
73	96	56	49
73	108	64	57
151	151	106	110

121	129	98	88
165	149	76	87
104	104	80	68
110	123	54	53
163	153	100	92
146	157	66	69
126	138	68	65
106	113	56	69
137	126	95	89
122	132	94	79
118	113	60	76
132	133	91	75
119	119	66	56
134	133	84	71
117	126	84	77
103	106	71	72
111	104	56	68
107	129	76	73
130	117	85	79
108	94	58	53
118	107	77	75
94	94	65	71

Tabulka 4: Data z dynamometru při rychlosti $300^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$

300°P_K_Ext	300°L_K_Ext	300°P_K_Flex	300°L_K_Flex
91	98	34	60
83	103	41	33
80	71	45	65
98	104	47	56
95	83	56	53
115	121	68	64
103	77	43	52
52	75	30	42
121	148	79	77
102	119	89	75
84	88	30	39
99	91	65	47
106	96	54	54
72	91	43	46
130	111	68	72
119	118	60	60
122	94	18	50
92	87	69	69
102	89	37	45
95	95	64	50
106	119	81	65
66	88	50	49
69	102	56	49
133	138	100	100
102	119	89	75
171	146	71	75

94	91	72	62
94	108	42	47
134	125	79	79
152	167	54	64
115	107	66	61
96	103	50	62
117	111	81	75
145	118	80	69
95	99	70	69
110	108	72	49
130	103	60	53
121	126	71	60
103	110	65	75
88	96	68	65
99	98	52	60
84	106	65	62
113	100	73	85
98	79	69	61
96	88	56	62
75	91	57	58

Tabulka 5: Data z poměru H/Q při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$

H/Q_60°_P	H/Q_60°_L	H/Q_Funk_60_P	H/Q_Funk_60_L
0,44	0,30	0,53	0,59
0,59	0,61	0,70	0,63
0,56	0,67	0,94	0,97
0,43	0,53	0,67	0,95
0,62	0,48	0,65	0,58
0,53	0,60	0,78	0,83
0,53	0,47	0,51	0,48
0,54	0,51	0,67	0,70
0,66	0,53	0,72	0,68
0,65	0,54	0,61	0,57
0,54	0,50	0,70	0,26
0,62	0,47	0,72	0,73
0,49	0,54	0,78	0,72
0,45	0,38	0,56	0,68
0,51	0,66	0,57	0,71
0,48	0,45	0,59	0,68
0,33	0,48	0,42	0,52
0,66	0,56	0,86	0,56
0,62	0,52	0,59	0,57
0,55	0,43	0,65	0,41
0,70	0,60	0,76	0,75
0,75	0,53	0,96	0,73
0,69	0,52	0,70	0,69
0,64	0,67	0,58	0,56
0,65	0,54	0,61	0,57
0,52	0,53	0,88	0,84

0,65	0,60	0,79	0,86
0,57	0,46	0,72	0,68
0,66	0,61	0,87	0,80
0,57	0,51	0,83	0,74
0,49	0,57	0,57	0,37
0,44	0,57	0,55	0,74
0,57	0,64	0,59	0,60
0,61	0,53	0,69	0,64
0,48	0,65	0,69	0,63
0,59	0,55	0,59	0,60
0,52	0,54	0,71	0,69
0,55	0,42	0,81	0,60
0,58	0,58	0,62	0,65
0,55	0,54	0,84	0,52
0,50	0,63	0,61	0,74
0,57	0,52	0,53	0,52
0,48	0,51	0,68	0,66
0,44	0,52	0,80	0,77
0,56	0,55	0,65	0,68
0,56	0,49	0,66	0,53

Tabulka 6: Data z poměru H/Q při rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$

H/Q_180°_P	H/Q_180°_L	H/Q_Funk_180_P	H/Q_Funk_180_L
0,47	0,46	0,84	0,81
0,47	0,49	0,84	0,96
0,52	0,87	1,20	1,54
0,28	0,49	0,87	1,04
0,57	0,69	0,76	0,98
0,57	0,49	1,03	0,95
0,65	0,61	1,07	0,78
0,53	0,51	1,16	1,30
0,64	0,48	0,99	0,90
0,82	0,60	1,15	0,94
0,17	0,47	1,75	0,72
0,68	0,52	0,91	0,00
0,57	0,55	0,85	1,10
0,57	0,38	1,04	1,05
0,52	0,67	0,66	0,98
0,52	0,39	0,90	1,23
0,17	0,48	0,56	0,81
0,74	0,67	1,51	1,33
0,49	0,43	0,75	0,85
0,75	0,53	1,19	1,19
0,82	0,51	1,10	0,85
0,72	0,50	1,38	0,96
0,81	0,47	0,66	1,03
0,71	0,71	1,00	1,02
0,82	0,60	1,15	0,94
0,47	0,56	1,12	1,05

0,77	0,68	1,09	1,38
0,54	0,47	0,86	0,78
0,65	0,60	1,08	1,12
0,45	0,48	1,04	1,13
0,54	0,48	0,81	0,73
0,50	0,57	0,84	1,03
0,72	0,75	0,74	0,86
0,72	0,59	1,02	1,03
0,53	0,66	0,87	1,10
0,68	0,60	1,00	1,13
0,61	0,53	1,09	1,00
0,54	0,50	0,91	0,88
0,64	0,55	0,99	1,00
0,68	0,66	1,26	1,15
0,51	0,60	1,04	1,16
0,66	0,59	0,77	0,77
0,60	0,64	0,89	0,80
0,37	0,54	1,38	1,14
0,65	0,69	0,95	0,90
0,63	0,66	0,94	1,05

Tabulka 7: Průměry a směrodatné odchylky měření

proměnný	průměr a směrodatná odchylka
Data z dynamometru při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$	168± 40,36
	169± 41,91
	92± 26,54
	89± 26,31
	115± 33,57
Data z dynamometru při rychlosti $180^\circ \cdot s^{-1}$	113± 32,23
	127± 31,93
	128± 28,66
	74± 25,15
	72± 19,30
Data z dynamometru při rychlosti $240^\circ \cdot s^{-1}$	128± 31,74
	126± 36,82
	115±21,17
	114±27,03
Data z dynamometru při rychlosti $300^\circ \cdot s^{-1}$	69±19,53
	66±17,49
	103±22,37
	102±24,21
Data z poměru H/Q při rychlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$	61±16,79
	60±15,24
	1±0,09
	1±0,08
Data z poměru H/Q při rychlosti $180^\circ \cdot s^{-1}$	1±0,11
	1±0,14
	1±0,15
	1±0,10
Data z poměru H/Q při rychlosti $180^\circ \cdot s^{-1}$	1±0,22
	1±0,23
	1±0,23