

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

DIPLOMOVÁ PRÁCE
(magisterská)

2011

Stanislav GOTTFRIED

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**VZTAH MEZI VÝSLEDKY ISOKINETICKÉ SÍLY A VÝSLEDKY
TERÉNNÍCH TESTŮ U HRÁČŮ FOTBALU**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Stanislav Gottfried, učitelství pro střední školy,
tělesná výchova - biologie

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Ph.D.

Olomouc 2011

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora:	Stanislav Gottfried
Název diplomové práce:	Vztah mezi výsledky isokinetické síly a výsledky terénních testů u hráčů fotbalu
Pracoviště:	Katedra sportu
Vedoucí:	doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.
Rok obhajoby:	2011

Abstrakt:

Hlavním cílem diplomové práce je stanovit vztah mezi výsledky isokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu a výsledky vertikálního skoku ve třech obdobích ročního tréninkového cyklu u adolescentních fotbalistů. Síla flexorů a extenzorů kolene byla měřena u hráčů SK Sigma Olomouc (n=16; průměrný věk 16,7±0,7 let) na isokinetickém přístroji ISOMED2000 ve třech úhlových rychlostech (60°, 180°, 360°/s) po ukončení soutěžního období, přechodného období a po ukončení přípravného období (v průběhu podzimní části soutěže). Výška vertikálního skoku (s využitím paží, bez využití paží) byla měřena pomocí tenzometrické plošiny „Kistler“. K zjištění vztahu mezi isokinetickou silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu a vertikálními skoky byl použit Spearmanův korelační koeficient. Korelační analýza ukázala, že vertikální skoky korelují slabě až středně s isokinetickou silou ve všech rychlostech po ukončení soutěžního a přípravného období.

Klíčová slova: isokinetická síla, vertikální skok, flexory a extenzory kolene, fotbal, korelace, periodizace

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname:	Stanislav Gottfried
Title of the thesis:	Relationship between isokinetic testing and functional testing in football players
Department:	Department of Sport
Supervisor:	doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.
The year of presentation:	2011

Abstract:

The main aim of this study is to determine the relationship between isokinetic strength of the knee flexors and extensors and vertical jump performance of the adolescent soccer players in three different periods of the year training cycle. The strength of flexors and extensors was measured in players of SK Sigma Olomouc (n=16; average age $16,7 \pm 0,7$ years) on the isokinetic dynamometer ISOMED2000 in three angular velocities (60° , 180° , $360^\circ/s$) after the end of competition period, after the detraining period and after the preparatory period (during autumn competitive part). The peak vertical jump height (with and without using arms) was measured by jumping mat "Kistler". To identify the relationship between isokinetic strength of knee flexors and extensors it was used Spearman's correlation coefficient. The correlations analysis shows that the vertical jumps correlate fairly to moderately with isokinetic strength in all angular velocities after the end of competitive period and after the end of preparatory period.

Keywords: isokinetic strength, vertical jump, knee flexors and extensors, soccer, correlations, periodization

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí doc. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne 8 srpna 2011

Děkuji vedoucímu práce doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za pomoc a cenné rady,
které mi poskytl při zpracování diplomové práce.

V Olomouci 8. srpna 2011

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	PŘEHLED POZNATKŮ	11
2.1	KONDICE JAKO FAKTOR SPORTOVNÍHO VÝKONU	11
2.2	KONDIČNÍ FAKTORY HERNÍHO VÝKONU VE FOTBALE	15
2.3	SÍLA JAKO SLOŽKA KONDICE VE FOTBALE	16
2.3.1	<i>Biologická charakteristika síly</i>	17
2.3.2	<i>Druhy síly</i>	20
2.3.3	<i>Trénink síly jako složky kondice ve fotbalu</i>	22
2.4	PERIODIZACE VE FOTBALE.....	24
2.5	DIAGNOSTIKA JAKO SOUČÁST ŘÍZENÍ SPORTOVNÍHO TRÉNINKU.....	27
2.5.1	<i>Diagnostika síly</i>	29
2.5.2	<i>Diagnostika síly s využitím Isokinetické dynamometrie</i>	33
2.5.3	<i>Testování flexorů a extenzorů v kolenním kloubu</i>	35
2.5.4	<i>Isokinetické testování ve fotbalu</i>	39
2.5.5	<i>Vztahy mezi isokinetickým testováním a funkčními testy</i>	41
3	CÍLE, ÚKOLY A VÝZKUMNÁ OTÁZKA	46
3.1	CÍL PRÁCE	46
3.2	ÚKOLY PRÁCE	46
3.3	VÝZKUMNÁ OTÁZKA.....	46
4	METODIKA	47
4.1	CHARAKTERISTIKA SOUBORU.....	47
4.2	TRÉNINKOVÉ ZATÍŽENÍ SLEDOVANÉHO SOUBORU	47
4.3	POSTUP MĚŘENÍ.....	48
4.4	TERMÍN MĚŘENÍ.....	50
4.5	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	51
5	VÝSLEDKY	52
5.1	MĚŘENÍ PO UKONČENÍ SOUTĚŽNÍHO OBDOBÍ	52

5.2	MĚŘENÍ PO PŘECHODNÉM OBDOBÍ	57
5.3	MĚŘENÍ PO ZAČÁTKU SOUTĚŽNÍHO OBDOBÍ	61
6	DISKUZE.....	67
6.1	DISKUZE K VÝSLEDKŮM MĚŘENÍ ISOKINETICKÉ SÍLY A VERTIKÁLNÍCH SKOKŮ S OHLEDEM NA RTC.....	67
6.2	DISKUZE K VÝSLEDKŮM MĚŘENÍ ISOKINETICKÉ SÍLY A VERTIKÁLNÍCH SKOKŮ BEZ OHLEDU NA RTC.....	69
7	ZÁVĚRY	72
8	SOUHRN.....	73
9	SUMMARY	74
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	75
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

Seznam použitých zkratk:

PT – maximální síla (maximální moment síly, peak torque – PT)

Pmax – maximální výkon

Tmax – čas dosažení maximální síly

VSS – vertikální skok s použitím paží

VSB – vertikální skok bez použití paží

DK – dominantní dolní končetina

NK – nedominantní dolní končetina

RTC – roční tréninkový cyklus

1 ÚVOD

Citius, Altius, Fortius (Rychleji, výše, silněji)

Existuje mnoho důležitých faktorů ovlivňující výkon ve fotbale, které mohou být zjišťovány buď přímo ve hře, nebo mimo herní situace, díky specifickým programům pro testování fotbalistů. Hlavním cílem při využívání laboratorních či terénních programů testování je získanou informaci následně využít pro zlepšení celkového herního výkonu (Ekblom, 1994). Výkon dolních končetin bývá nejčastěji zjišťován terénní či laboratorní zkouškou vertikálních skoků. Takovéto testy nám podávají „jen“ souhrnnou informaci o schopnosti skoků hráče. Vertikální skok je sice vícekloubový pohyb, který zahrnuje simultánní aktivitu více svalových skupin z oblasti kyčlí a kotníku, nicméně se na tomto pohybu podílejí hlavně flexory a extenzory kolenního kloubu. Ve fotbale je síla flexorů a extenzorů kolene jedním z hlavních faktorů kondice hráčů, kterou hráči využívají zvláště při vzdušných soubojích, rychlých startech či změnách směru a rychlosti. Isokinetická dynamometrie nám umožňuje testování těchto svalových skupin i formou jednokloubového pohybu a to v různých úhlových rychlostech. Testy isokinetické síly poskytují mnohem širší spektrum informací, které jsou rovněž důležité z hlediska výkonu dolních končetin.

V této práci jsme se zaměřili na zjištění vztahu svalové síly měřené isokinetickou dynamometrií v kolenním kloubu a výsledky vertikálních skoků ve třech obdobích ročního tréninkového cyklu (dále jen RTC). V dnešní vědecké literatuře existuje mnoho studií, které zkoumají vztah mezi isokinetickými a funkčními testy u rozdílných vzorků populace a různých druhů funkčních testů. Mezi těmito typy testů se většina prací shoduje na nízkých až středních korelacích. Touto prací se pokoušíme vnést tuto problematiku i na pole české vědy, dále rozvinout a obohatit z našeho pohledu nedostačující poznání okolo využívání isokinetické dynamometrie, funkčních testů a vztahů mezi nimi. To, že u nás není prozatím využívání isokinetické dynamometrie zcela běžná věc dokládá i fakt, že Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci vlastní isokinetický přístroj ISOMED 2000 jako jediné pracoviště v České republice.

Toto téma jsem si zvolil proto, že se již od čtvrtého ročníku podílím na práci s isokinetickým přístrojem ISOMED2000, ve kterém vidím velký potenciál pro budoucí využití na Fakultě tělesné kultury, jak v oblasti sportovního tréninku, tak i v oblasti sportovní rehabilitace.

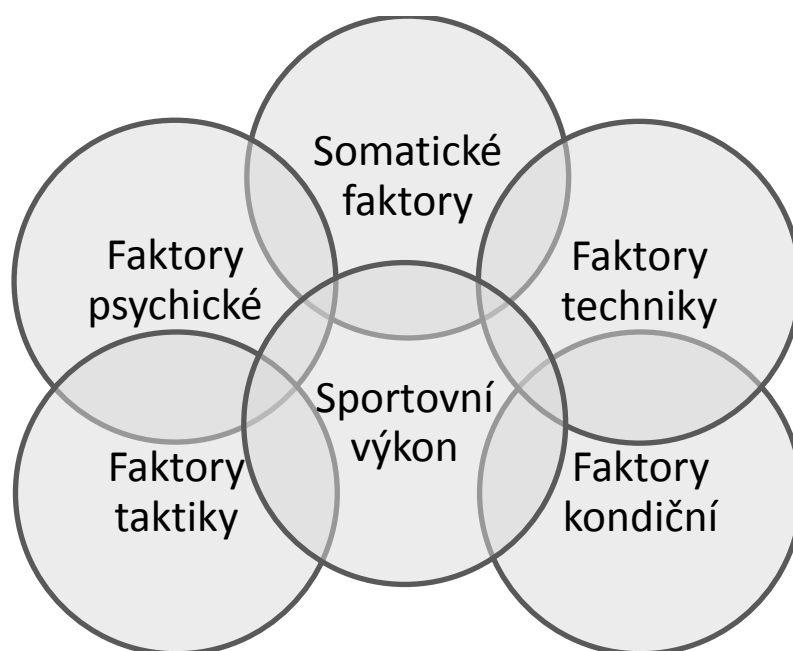
2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Kondice jako faktor sportovního výkonu

Sportovnímu výkonu se věnuje mnoho světových i domácích odborných publikací. Podle Měkoty a Cuberka (2007, 105) může být výkon vymezen jako „...výsledek určité činnosti v daném čase a podmínkách“. Jelikož předmětem našeho zájmu je činnost pohybová, přikláníme se k definici pohybového výkonu od již zmíněných autorů, kteří jej charakterizují jako „...míru realizace určitého pohybového úkolu (zadání)“. Pohybový výkon můžeme měřit a výsledky vyjadřovat ve fyzikálních jednotkách, nebo ho můžeme kvantifikovat počtem opakování cviků, počtem zásahů terče, počtem chyb apod. V některých sportovních odvětvích hodnotí výkony odborníci, kteří své posudky umísťují na zvolenou škálu, kde je vyjadřují počtem bodů, jedná se tedy o škálování. Pohybové činnosti i výkony jsou specifické pro každé sportovní odvětví, často pohybové výkony figurují jako ukazatele při testování schopností a dovedností. Sportovní výkon je specifický typ výkonu, kdy sportovci usilují o dosažení maximálních výkonů při řešení soutěžních pravidel.

Výkon můžeme považovat podobně jako Měkota a Cuberek (2007) za jendorázový projev výkonnosti a rozdělují ji na motorickou výkonnost, kterou považují za hybný předpoklad pro zdolávání pohybových nároků a výkonost sportovní, kde jde především o překonávání výkonnových požadavků konkrétního sportovního odvětví. Úroveň motorické výkonnosti stanovují hlavně motorické schopnosti a pohybové dovednosti, dále také somatické, psychické a intelektové předpoklady. Základní motorickou výkonnost chápe Měkota a Cuberek (2007) jako připravenost podávat výkony ne v jedné, ale ve všech základních pohybových činnostech, které bývají součástí výkonnostních testů (baterií) a slouží jako indikátory motorických schopností. Sportovní výkonnost je obecným elementem a specifickým případem motorické výkonnosti, Měkota a Cuberek (2007, 126) ji definují jako „...způsobilost, schopnost či předpoklad opakovaně podávat výkony v určité sportovní činnosti (zpravidla na poměrně stabilní úrovni)“.

Sportovní výkonnost dle Schnabela (in Měkota & Cuberek, 2007) a Dovalila et al. (2005) lze pojímat jako strukturovaný předpoklad pro zdolávání nároků sportovního výkonu v tréninku a v soutěži, který zahrnuje čtyři základní komplexní činitele: tělesnou konstituci, kondici, koordinaci, techniku a kompetenci k jednání. Sportovní výkonnost se ve sportu posuzuje na základě dosažených výkonů v soutěži nebo při diagnostice trénovanosti sportovců.



Obrázek 1. Struktura sportovního výkonu (Dovalil et al., 2005, upraveno)

Dovalil et al. (2008) popisuje strukturu sportovního výkonu na základě působení vlivů genetických dispozic, prostředí a záměrného tréninku. Sportovní výkon chápe jako komplex, který obsahuje několik vzájemně propojených faktorů (Obrázek 1). Tyto faktory dále Dovalil et al. pojímá jako samostatné součásti sportovních výkonů, vycházející ze somatických, kondičních, technických taktických a psychických základů výkonu. Kondiční faktory považuje Dovalil et al. za pohybové schopnosti a uvádí, že „...v každé pohybové činnosti, tvořící obsah sportovního výkonu lze identifikovat projevy síly, rychlosti a vytrvalosti“ (2002, 22).

Čelikovský et al. (1979) uvádí několik variant členění motorických schopností. Vzhledem k tématu této diplomové práce jsme zvolili členění podle Pöhlmana (in Čelikovský et al., 1979), který člení motorické schopnosti na kondiční a koordinační schopnosti. Dovalil et al. (2005) přidává novější pojem schopnosti hybridní (smíšené).

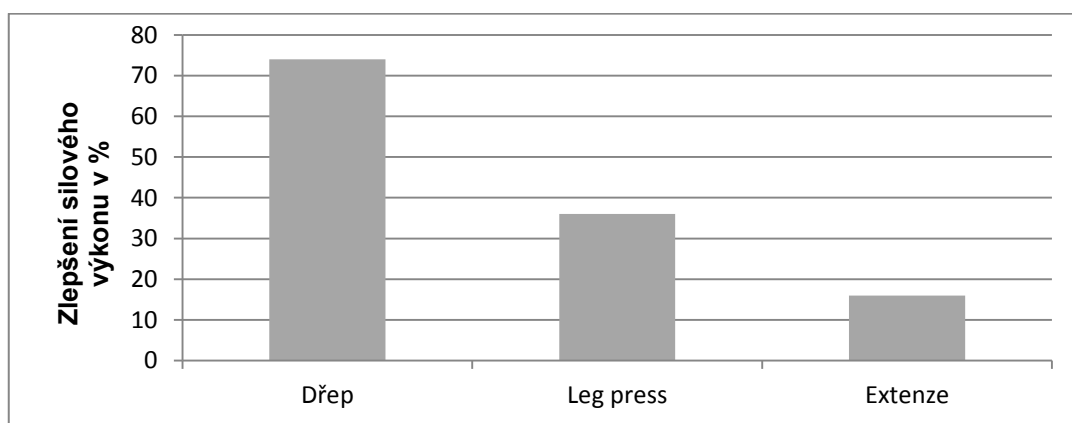
Z hlediska zaměření této práce se budeme dále zabývat hlavně schopnostmi kondičními. Existuje mnoho různých pohledů, jak se na pojem kondiční schopnosti dívat, jak ho chápat a definovat. Dovalil et al. (2008, 90) definuje pojem kondice jako „...všestrannou psychickou a fyzickou připravenost k výkonu“. V souvislosti s naší diplomovou prací se ztotožňuji s chápáním kondice autorů Lehnert, Novosad, Neuls, Langer & Botek (2010, 8) kteří kondici chápou jako „...energetický, funkční a pohybový potenciál sportovce, determinovaný kondičními a kondičně – koordinačním i motorickými schopnostmi, který je nezbytný pro realizaci techniky a taktiky při podávání sportovního výkonu. Uplatňuje se rovněž při vyrovnávání se s požadavky tréninkového a soutěžního zatěžování“.

Dovalil et al. (2002, 2008) a Lehnert, et al. (2010), ale rovněž další autoři, rozlišují dvě základní formy projevu kondice, kondici obecnou a speciální. Obecnou kondici lze definovat jako základ všech sportovních disciplín, je podněcována tréninkem, který zabezpečuje všestranný rozvoj kondičních a kondičně – koordinačních schopností. Speciální kondice reflektuje přesné kondiční nároky sportovního výkonu ve sportovním odvětví a je propojena s vytvářením specifických adaptací. Adaptace je proces založený na přenosu informace na genetický aparát buňky při opětovné a dostatečné intenzitě stresového podnětu, zachování homeostázy vnitřního prostředí. U sportovce jsou vyvolány tréninkovou i soutěžní pohybovou činností a projevují se zvýšením trénovanosti jedince. Adaptací na tréninkové zatížení a zatěžování rozumíme funkční a morfologické změny organismu sportovce na opakující se zátěžové (stresové) podněty (Dovalil et al., 2008; Lehnert et al., 2010).

Podle Psotty, Bunce, Mahrové, Netschera a Novákové (2006) je adaptace specifické přizpůsobení organismu sportovce zvýšené tělesné námaze – zatížení. Tréninkovým zatížením je myšlen souhrn plánovitě použitých podnětů realizovaných formou tréninkových cvičení a vyvolávajících aktuální změnu funkční aktivity organismu sportovce v souladu se stanovenými cíli sportovního tréninku (Lehnert, 2007). Zatížení charakterizujeme jako komplex činitelů. Pro řízení tréninkového procesu je nutné zvolit jednotlivé složky (komponenty), které budou obsahovat měřitelné veličiny, jenž nám umožní stanovit velikost tréninkového zatížení, jako intenzitu tréninkového zatížení, objem zatížení, dobu zatížení, frekvenci zatížení a specifickou zatížení (Lehnert et al., 2010). Specifická se vztahuje k poloze těla a jeho částí, svalovým skupinám a posloupností v jejich zapojování, rychlosti pohybu,

vynakládanému úsilí (intenzitě), době trvání svalového napětí, frekvenci pohybu, jeho směru, rozsahu a metabolickým požadavkům (Psotta et al., 2006). Lehnert et al. (2010) vyjadřuje míru specifčnosti zatížení jako podobnost či odlišnost cvičení s konečnou sportovní činností v dané sportovní specializaci.

Zlepšení výkonnosti v jednom cviku současně vyvolá přizpůsobení nervosvalových funkcí na specifický druh pohybu. Přitom u velmi podobného pohybu zatěžujícího obdobné svalové partie nemusí být vyvolán vzrůst takovým způsobem, protože nejde o zcela totožný pohyb. Např. Thorstensson (in Grasgruber & Cacek, 2008) uvádí zlepšení výkonu ve dřepu o 75 %, ale pouze 35 % v legpressu a minimální v extenzi v kolenou (Obrázek 2).



Obrázek 2. Změny výkonu u různých cviků ve studii Thorstensson (in Grasgruber & Cacek, 2008; upraveno)

Psotta et al. (2006) rozděluje specifčnost na dvě oblasti. Energeticko-metabolickou a biomechanickou specifčnost. U první z nich je v tréninku kladen důraz na podněcování kapacity ATP – CP energetického systému. Užívají se cvičení s velmi krátkými intervaly zatížení v trvání do 5 s, maximálně do 10 s. Provádějí se subjektivně maximální silou a po jednotlivých opakováních následují dostatečné intervaly odpočinku. U biomechanické specifčnosti je vyjadřován požadavek aplikovat např. běžecká cvičení, která se pohybovou strukturou podobají nebo jsou dokonce totožná s běžeckou lokomocí prováděnou v utkání.

Z výše uvedeného se dá vyvozovat důležitost kondice jako faktoru herního výkonu ve sportu a chápe ji hlavní východisko pro pozitivní sportovní výkonnost a úspěch ve sportu, k čemuž je zapotřebí podrobné zaměření se na jednotlivé složky kondice při tvorbě tréninku a jejich diagnostiku v průběhu tréninkových cyklů.

2.2 Kondiční faktory herního výkonu ve fotbale

Podle Ekbloma (1994) jsou pro určení dobrého výkonu u hráčů fotbalu důležitými schopnostmi hlavně produkce maximální síly a rychlosti. Psotta et al. (2006) uvádí, že fotbal patří mezi acyklické zátěže, kdy dochází ke střídání různorodých pohybových aktivit, chůze, běhu různé intenzity, výskoků, přihrávek, vedení míče, atd. Je tedy střídavou (intermitentní) pohybovou činností, která obsahuje velmi krátké, obvykle 1 - 5 s trvající intervaly zatížení vysoké až maximální intenzity, které se střídají s intervaly zatížení nižší intenzity nebo tělesného klidu trvající 5 - 10 s. Fotbal je podle Psotty et al. sport se střídavým zatížením, kde ke změně intenzity zatížení nebo typu činnosti, dochází průměrně každou pátou až šestou sekundu. Fotbalový výkon tvoří široké spektrum činností od klidnějšího postoje a poklusu až po vysoce intenzivní sprinty, výskoky a souboje o míč.

Strudwick a Reilly (in Psotta et al., 2006) uvádějí, že vzdálenost, kterou hráči naběhají při hře, se v současné době téměř zdvojnásobila. Podle Kuhna (in Psotta et al., 2006) dochází také k postupnému zvětšování prostoru aktivní hry i zvyšování rychlosti přihrávek na různé vzdálenosti. Z toho Psotta et al. vyvozují, že rychlostně silové projevy jsou jedním z nejdůležitějších kondičních faktorů v herním výkonu. Autoři uvádějí, že důležitou stránkou herního výkonu ve fotbale je pohybová rychlost, kterou řadí podle úrovně kondičních a koordinačních předpokladů ke schopnostem hybridním (smíšeným), tzn. kondičně-koordinačním.

Úspěšnost hráče v herní situaci se zvyšuje, pokud se rychlost psychických procesů převede do rychlosti procesů pohybových, z čehož vyplývá, že v nervosvalovém aparátu leží podstata funkční rychlosti, označované jako pohybová (akční) rychlost (Psotta et al., 2006). Lehnert et al. (2010) uvádí, že při pohybech, kde je překonáván velký odpor, vede zvýšení maximální síly i ke zvýšení rychlosti, a že při nárůstu frekvence pohybu nelze maximální sílu plně využít. Při menších rychlostech maximální síla jako taková nemá tak velký vliv.

Votík (2005) dodává, že jak výkon hráče, tak výkon celého týmu je dán souborem faktorů, které jej podmiňují. Ty se dělí dle rozdílných kritérií na dispoziční a situační. Dispoziční jsou podmíněny kondičními faktory každého hráče k hernímu výkonu,

kterými rozumíme úroveň jeho pohybových schopností a herních dovedností, kvalitu řídicí činnosti centrálního nervového systému (dále jen CNS), psychických procesů a osobnostní i somatické charakteristiky. Situačními faktory jsou dány vnějšími podmínkami, ve kterých probíhá herní výkon, jejich složitostí a proměnlivostí „...Tyto dvě skupiny představují velké množství různých faktorů, které se mohou navzájem ovlivňovat, doplňovat i do určité míry zastupovat, a tak se různou měrou podílet na konečném herním výkonu“ (Votík, 2005, 24).

2.3 Síla jako složka kondice ve fotbale

Silové schopnosti jako komplex můžeme zkráceně pro zjednodušení označovat jako síla. Ta tvoří významnou komponentu tělesné zdatnosti. Rozvoj síly je vždy podstatnou součástí kondičního tréninku, i když ve sportovní disciplíně převládají další motorické schopnosti a dovednosti. Díky novým vědeckým poznatkům můžeme hlouběji vysvětlit podstatu síly a zdůvodnit její členění, prostředky a následné metody rozvoje (Měkota & Novosad, 2005). Čelíkovský et al. (1979) považuje silové schopnosti za základní a rozhodující schopnosti jedince pro provádění motorické činnosti a Dovalil et al. (2002) zařazuje silové schopnosti mezi hlavní faktory sportovního výkonu téměř ve všech sportovních odvětvích.

Sílu je možné definovat různě. V literatuře se uvádí, že je nezbytné rozeznávat sílu jako fyzikální veličinu a původ pohybu ($\text{síla} = \text{hmotnost} \times \text{zrychlení}$) a zároveň lze sílu chápat z hlediska biologického jako motorická schopnost spojenou s fyziologickými vlastnostmi organismu (Čelíkovský et al., 1979; Lehnert et al., 2010). Lehnert et al. (2010, 18) definuje sílu jako „...schopnost překonávat, udržovat nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí při dynamickém nebo statickém režimu svalové činnosti“.

Ve fotbale se podle Psotty et al. (2006) soustřeďuje produkce svalové síly do krátkých opakujících se intervalů s vysokou intenzitou činnosti, jako jsou akcelerace při sprintech, změny směru běhu, kopy do míče, výskoky. Všechny tyto činnosti jsou podmíněny rychlým vyvinutím dostatečné síly. Hlavním faktorem úspěšnosti je

explozivní síla. Pro hráče fotbalu je typická vysoká úroveň dynamické síly extenzorů kolene (m. quadriceps femoris, tzv. hamstringy a triceps surae – m. gastrocnemius). Psotta et al. poukazují na existenci pozitivní závislosti pro rychlost míče při kopu a sílu vyvinutou během extenze v kolenním kloubu a flexe v kyčelním kloubu. Zmíněný autor uvádí, že u hráčů fotbalu je důležitější mít k dispozici vyšší úroveň explozivní síly než absolutní. Pro tu je předpokladem dostatečná úroveň absolutní síly příslušných svalových skupin. Pro celkovou produkci svalové síly při utkání je podmiňující svalová vytrvalost.

2.3.1 Biologická charakteristika síly

Lidský pohyb je zabezpečován specializovanými buňkami, které podle stavby a funkce rozdělujeme na hladkou, příčně pruhovanou a srdeční svalovinu. Základní stavební jednotkou je svalová buňka. Obsahuje sarkoplazmu, kterou obaluje sarkolema a endoplazmatické retikulum zvané sarkoplazmatické retikulum. U příčně pruhované svaloviny je svalové vlákno mnohojaderným útvarům. Z funkčního hlediska se sval skládá z myofibril, které obsahují strukturální proteiny. Nejvýznamnější z nich jsou kontraktilní aktin a myozin, pružnost zajišťující titin a nebulin, fixačními desmin a vimentin, regulační tropomyozin a troponin (Alberts et al., 1998; Čihák, 2001; Přidalová & Riegerová, 2002).

Obecnou vlastností živé hmoty je stažlivost. U svalové tkáně je vystupňována, čímž generuje svalovou sílu. U člověka jsou rychlé a silné svalové kontrakce zajišťovány příčně pruhovaným svalstvem, které se upíná na kosterní aparát. Pro každý pohyb jsou podstatné čtyři vlastnosti svalové tkáně: excitabilita – dráždivost, kontraktibilita – stažlivost, extenzibilita–protažitelnost, elasticita–pružnost (Dylevský, 1996).

Faktory svalové síly

Schopnost vyvinout sílu při dynamické či statické kontrakci je ovlivněna několika různými faktory. Dovalil et al. (2002), Lehnert et al. (2010) a Psotta et al. (2006) uvádějí mezi hlavní z nich:

1. Funkční a morfologické faktory (množství svalové hmoty) – rozhodující pro velikost maximální svalové síly. Určuje se na základě příčného průřezu svalu. Důležitý je poměr rychlých (FG) a pomalých vláken (SO) svalu, které vykonávají pohyb. Rychlé mají kratší dobu kontrakce, tudíž vyprodukují více síly za časovou jednotku.

2. Nervové a nervosvalové faktory (intra a intermuskulární koordinace) – velikost síly ovlivňuje počet aktivovaných motorických jednotek, jejich frekvence dráždění a synchronizaci. Dále pak součinnost zapojených svalů a souhra antagonistických skupin svalů, tzv. reciproční inhibice.

3. Mechanické faktory (reflexní děje, elasticita svalové a šlachové tkáně) – ovlivnění síly při natažení a zkrácení svalu.

Význam jednotlivých faktorů svalové síly je různý a závisí na konkrétních sportovních odvětvích. Jsou ovlivněny geneticky, věkem, úrovní techniky, psychikou a dobou realizace tréninku (Grasgruber & Cacek, 2008; Dovalil et al., 2008; Perič & Dovalil, 2010).

Svalová vlákna

Na základě anatomicko-fyziologického hlediska jsou Svalová vlákna rozdělována podle jejich vlastností (rychlosti kontrakce a únavnosti) na čtyři základní typy:

Typ I (pomalá červená vlákna) SO, slow oxydative – „tonická vlákna“, zajišťují vytrvalostní činnost, jsou málo unavitelná.

Typ II A (rychlá červená), FOG, fast glycolycoxydative – „fázická vlákna“, velmi odolná proti únavě, podílejí se na kontrakci velkou silou a rychlých pohybech.

Typ II B (rychlá bílá), FG, fast glycolytic – snadno unavitelná, pracují hlavně při maximálních silových výkonech.

Typ II (přechodná) - nediferencovaná, možný zdroj pro vznik předchozích typů.

Z hlediska funkční charakteristiky svalové výkonnosti, rychlosti prováděného pohybu a ekonomie svalové práce má zásadní význam zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu. Tento poměr je dán geneticky (Přidalová & Riegerová, 2002; Dylevský, 1996; Grasgruber & Cacek, 2008).

Svalové kontrakce

Svalová síla je z funkčního hlediska určována stažlivostí svalu a projevuje se formou maximálního napětí nebo maximální rychlosti svalové kontrakce. Svalová kontrakce je rozhodující pro vznik svalové síly a je mechanickou odpovědí na nervové podráždění. Podstatou je zasouvání kontraktálních vláken do středu sarkomery, čímž vznikají příčné můstky – aktinomyozinový komplex a dochází ke zkracování sarkomery a následné kontrakci celého svalu (Alberts et al., 1998; Grasgruber & Cacek, 2008).

Dle současných znalostí charakterizujeme typy svalových kontrakcí na základě vnější zátěže, směru pohybové akce a rozsahu kontrakce na:

1. Dynamická (zkrácení či prodloužení svalu)

a) Koncentrická (pozitivně dynamická, překonávající odpor) – sval produkuje větší sílu než je odpor. Svalové vlákno se zkracuje, typická kontrakce pro odrazy, vrhy, hody.

b) Excentrická (negativně dynamická, ustupující) – odpor je větší než svalem vyprodukovaná síla. Svalová vlákna se protahují. Typická kontrakce pro brzdění při dopadu nebo při chytání míče.

c) **Plyometrická** – koncentrická téměř okamžitě následuje po excentrické. Typická pro sporty vyžadující rychlé, dynamické provedení pohybů.

d) **Isokinetická** – provádění pohybu předem stanovenou rychlostí v rozsahu kloubního pohybu („iso“ stejný, „kineze“ pohyb). Rychlost pohybu je kontrolována mechanicky (podrobněji viz Isokinetika).

2. **Statická (udržující, izometrická)** – minimální nebo žádná změna délky svalu. Typické pro udržování těla či břemene ve statické poloze jako jsou výdrže v gymnastice, sjezdovém lyžování (Dylevský, 1996; Lehnert et al., 2010).

2.3.2 Druhy síly

Podle Dovalila et al. (2008) chápeme sílu jako komplex silových schopností. U vnějšího projevu síly musíme brát v úvahu nejen velikost překonaného odporu, ale také rychlost svalového stahu, trvání pohybů a počet opakování v čase. Na základě těchto rysů rozlišujeme několik druhů síly (Obrázek 3):

1. **Maximální síla (absolutní)** – největší možná síla, kterou je nervosvalový systém schopný vyvinout k provedení jednoho opakování při maximální kontrakci proti maximálnímu odporu. Relativní maximální síla je maximální síla ve vztahu k hmotnosti sportovce.

2. **Rychlá síla** – dosažení maximálního silového impulzu v určitém časovém úseku, ve kterém je pohyb realizován nebo dosažení maximální hodnoty síly v minimálním časovém intervalu. Její projevy jsou nezbytné pro správné a efektivní zvládnutí typických pohybů ve většině sportovních disciplín (odraz, smeč, hod, vrh). Tyto pohyby probíhají řádově v desetinách sekundy. Při hodnocení rychlé síly vycházíme ze dvou hledisek a rozdělujeme ji na startovní sílu a explozivní sílu. Podle

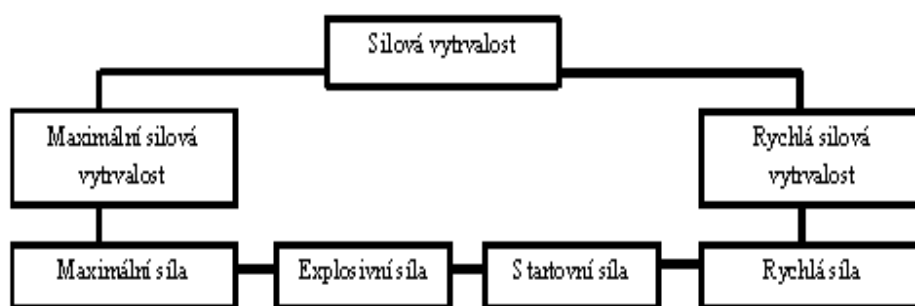
Lehnerta et al. (2010) je rychlá síla úzce spjata s rychlostí činností, a je velmi obtížné vymezit přesný rozdíl mezi rychlostí a rychlou silou.

2.1 Startovní síla – provedení pohybu maximální rychlostí v minimálním možném čase, do 50 ms. Uplatňuje se ve sportovních disciplínách, kde jsou vysoké nároky na rychlost při zahájení pohybu (start u sprintu, úder v boxu, kop ve fotbale).

2.2 Explosivní síla – schopnost vyvinout maximální zrychlení v závěrečné fázi pohybu. Ukazatelem explozivní síly je rychlost nárůstu síly.

3. Silová vytrvalost – schopnost překonávat nebo brzdit nemaximální odpor opakovaním pohybů, či udržovat tento pohyb delší dobu, bez snížení efektivity pohybu. Faktor určující výkonnost fotbalisty. Jeho dostatečnou úroveň je umožněna rychlostně silová reakce po celou dobu utkání.

Pro srovnání uvádím rozdělení podle Votíka (2001), který se také zabývá daným tématem, na statické silové schopnosti, které podle doby trvání rozlišujeme jednorázovou a vytrvalostní formu a dynamické silové schopnosti (izotonická kontrakce excentrická nebo koncentrická). Ty obsahují formu explozivně silovou, rychlostně silovou, vytrvalostně silovou.



Obrázek 3. Komplex silových schopností z hlediska potřeb ve fotbalu podle Weinecka (in Votík, 2001, upraveno)

2.3.3 Trénink síly jako složky kondice ve fotbalu

Trénink síly patří k základním kamenům kondičního tréninku. Pro ovlivnění síly v tréninku je důležité hlavně vytvoření optimálního silového potenciálu pro podání sportovního výkonu, což vyžaduje pravidelné zatěžování po delší časové období. Pro většinu sportovních disciplín je důležitý silový rozvoj v přípravném období. Rozlišujeme podle zaměření obecný a speciální rozvoj svalové síly. Cílem obecného (komplexního) silového tréninku je vytvoření silových základů, předpokladů pro pozdější silový speciální trénink. Speciální rozvoj síly následuje po předchozím a zaměřuje se na ty oblasti, které jsou v dané sportovní specializaci především zatěžovány. Např. ve fotbalu svaly stehna, hýžd'ové a lýtkové svaly (Perič & Dovalil, 2010).

Cíle tréninku svalové síly u hráčů fotbalu Psotta et al. (2006) stanovuje následovně: udržovat nebo rozvíjet nervosvalový systém, rychle vyvíjet svalovou sílu ve specifických fotbalových činnostech, zpevňovat kloubní spojení ve specifických činnostech, ochrana kloubů a účelný přenos sil při provádění dynamických činností, udržovat v optimálním funkčním stavu svaly trupu a horních končetin.

Pro srovnání podle Weinecka (in Votík, 2001) je považována za nejdůležitější pro fotbal silová vytrvalost, maximální síla a rychlá síla. Maximální silovou vytrvalost, rychlou silovou vytrvalost, explozivní sílu a startovní sílu považuje za další formy, které jsou odvozené od tří již zmíněných.

Důvodem tohoto rozdělení a nastínění základních faktorů, pravidel a vlastností tréninku kondice je snaha naznačit složitost a význam silových schopností pro hráče fotbalu. Důkazem je i nárůst významu silových prvků při řešení herních situací (délka a razance kopu, řešení situací 1:1, hra tělem apod.). Úspěšnost při jejich řešení a vědomí silových rezerv zvyšuje sebedůvěru, sebevědomí i psychickou stabilitu hráčů (Votík, 2001). Lehnert et al. (2010) doporučuje zařazení doplňkového tréninku rychlé a reaktivní síly, za využití metody rychlostní, balistické a plyometrické, kdy je potřeba zohlednit také specifickou proveditelnost pohybů.

Podle Psotty et al. (2006) je cíl tréninku pohybové rychlosti u hráčů fotbalu zvýšení nebo udržení schopnosti nervosvalového systému vyvíjet maximálně rychlou a

koordinovanou práci při realizování běžecké herní lokomoce. Je to hlavně rychlostní reakce, startovní rychlost, akcelerace, dovednost techniky a explozivní (startovní) síla. Ekblom (1994) uvádí, že vykonávání koncentrického silového tréninku s vyšší zátěží, ale při nižší rychlosti může mít blahodárný efekt pro rozvoj maximálních silových schopností u pomalejších pohybů, jako je například práce s míčem. Na druhé straně autor uvádí, že silovým tréninkem v nízkých rychlostech je dosahováno jen malého zlepšení síly při rychlých pohybech. Stejně je tomu i s menšími hmotnostmi při středně rychlém tréninku. Ekblom doporučuje pro trénink síly dolních končetin využít obou rychlostí.

Křištofič (2007) považuje tělesnou kondici za souhrn funkcí organismu, které umožňují obstát ve fyzicky náročných situacích a přiměřeně reagovat v konkrétních podmínkách. Cílem podle výše uvedeného autora by mělo být dosažení jejich vyvážené úrovně. Kondiční trénink je proces, v kterém dochází z různých příčin k změnám úrovně jednotlivých složek tělesné kondice a to i vzhledem k dlouhodobému trendu. Pokud chceme dosáhnout příznivých změn, zátěž musí být opakovaná a specifická. Důležitý je i přístup od obecného ke speciálnímu. Specifická kondiční příprava vyžaduje komplexní obecný kondiční základ. Ten vytváří podle autora stabilní základnu pyramidu, ze které se specifické požadavky vyprofilují. Psotta et al. (2006) uvádí, že vedle základních svalových předpokladů – základní svalové síly, záleží více na specifické svalové síle, v průběhu specifického pohybového aktu.

2.4 Periodizace ve fotbale

Pod pojmem periodizace tréninku rozumíme rozdělení tréninku na kratší časové úseky (periody, cykly), které mají charakteristickou strukturu. Pro dosažení vysoké výkonnosti sportovce, která nemůže být z biologického hlediska stabilním jevem, se tyto časové úseky rozčleňují na krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá období. Důležitým faktorem je periodické přizpůsobování struktury a obsahu tréninku sportovnímu vývoji jedince, čemuž odpovídá i časová a obsahová náročnost jednotlivých tréninkových plánů (Frank, 2006). Plánování a evidence vykonané tréninkové práce umožňuje po jejím vyhodnocení získat zpětnou informaci o efektivitě tréninkového procesu (Votík, 2001).

Tréninkové cykly

Cílem rozdělení tréninku do určitých cyklů je dosažení vysokého tréninkového zatěžování s potřebným odpočinkem a výraznějšího rozvoje určitých dovedností a schopností v jednotlivých cyklech (Neumann et al., 2003). Proces tvorby sportovního výkonu je charakterizován uspořádáním časových úseků tréninku do cyklů a ty do bloků s různým zaměřením s ohledem na aktuální stav výkonnosti sportovce a soutěžní program (Dovalil et al., 2002; Lehnert et al., 2010). Z hlediska časového rozmezí se rozlišují tyto druhy cyklů: mikrocyklus, mezocyklus, makrocyklus (Dovalil et al., 2002), Neumann, Pfütznner & Hottenrott, 2005).

Mikrocyklus je základní kámen tréninkového procesu složený z více tréninkových jednotek, které se často připravují jako několikadenní krátkodobý tréninkový plán, většinou týdenní. Spojuje jednotlivé tréninkové jednotky. Stavba vychází z jeho cíle a úkolů, počtu tréninkových jednotek a intenzitě zatížení a individuálních vlastností sportovce. Obsah mikrocyklu lze popsat jako určitou posloupnost fází zatížení a odpočinku (Dovalil et al., 2002). V závislosti na zastoupení různých úkolů se podle Dovalila et al., rozlišují různé druhy mikrocyklů.

Mezocyklus se skládá z několika mikrocyklů, zpravidla to bývají tři až čtyřtýdenní cykly. Struktura a obsah jsou ovlivněny hlavně různým obsahem ročního tréninkového cyklu, mírou trénovanosti a schopností zotavení (Dovalil et al., 2002; Neumann, Pfützner & Hottenrott, 2005).

Makrocyklus se skládá z několika mezocyklů, které se opakují podle principu stavby tréninku v delším časovém období s respektem reálné dynamiky sportovního tréninku. Délka může být ve fotbale rozdílná, záleží na rozdílné trénovanosti a jejích změnách, které vyžadují delší časový úsek, délce plánovaných období u jednotlivých cyklů a také na termínové listině (Votík, 2005).

Roční tréninkový cyklus (dále jen RTC) vzhledem ke klimatickým podmínkám a systému usprádaní fotbalových soutěží v ČR je členěn na následující období (Tabulka1):

Letní přípravné období: červenec – srpen (4–8 týdnů) – komplexní rozvoj pohybových schopností, technicko – taktických dovedností i vědomostí a odpovídající rozvoj psychologické přípravy. Struktura, objem, intenzita a složitost zatížení se odvíjí od výkonnostní úrovně.

Podzimní hlavní období: srpen – listopad (13–15 týdnů) – základním požadavkem je udržet optimální sportovní formu celého týmu, pokud možno v celé délce tohoto období. Ta je podmíněna vysokou úrovní obecných i speciálních pohybových dovedností a kvalitou herního projevu.

Zimní přechodné období: prosinec – leden (4–6 týdnů), hlavním cílem je regenerace. Jde v podstatě o formu aktivního odpočinku, který by měl udržovat dobrý stav trénovanosti. V tomto období probíhají halové turnaje.

Zimní přípravné období: leden – březen (10–12 týdnů) – dělí se na čtyři bloky. Předpřípravný blok (1–2) týdny, cílem je připravit organismus na zatížení v přípravném období a usnadnit tak jeho adaptaci. První přípravný blok (kondiční) - všeobecně rozvíjející (2–4 týdny), důraz je kladen na rozvoj kondičních schopností. Druhý přípravný blok (smíšený) – specializovaná příprava (4–6 týdnů), důraz je kladen na technicko-taktickou a psychologickou přípravu a součinnost celého týmu. Třetí přípravný blok vyladovací (1 týden), zcela shodný s týdenními mikrocykly hlavního období. Vyladění týmu na mistrovské utkání, důraz na psychiku „nabuzení“ hráčů.

Jarní hlavní období: březen – červen (13–15 týdnů) – časově je ohraničeno prvním a posledním mistrovským utkáním jarního kola. Stejně jako v podzimním hlavním období je úkolem udržet získaný stav trénovanosti a optimální sportovní formu pokud možno po celé toto období.

Letní přechodné období: červen – červenec (2–4 týdny) - hlavním cílem je regenerace. Jde v podstatě o formu aktivního odpočinku, který by měl udržovat dobrý stav trénovanosti podobně jako v zimním přechodném období (Votík, 2005).

Tabulka 1. Plán zdvojeného ročního tréninkového cyklus (systém soutěže podzim – jaro); (Votík, 2005, upraveno)

Letní přípravné období	Podzimní hlavní období	Zimní přechodné období	Zimní přípravné období	Jarní hlavní období	Letní přechodné období
červenec – srpen	srpen – listopad	prosinec – leden	leden – březen	březen – červen	červen – červenec
4-8 týdnů	13-15 týdnů	4-6 týdnů	10-12 týdnů	13-15 týdnů	2-4 týdnů

Podle Psotty et al. (2006) je základní trénink svalové síly a trénink svalové vytrvalosti je vhodné zařadit v první fázi přípravného období. V dalších fázích přípravného období a soutěžního období jsou doplňkem k funkčnímu tréninku svalové síly a vlastnímu fotbalovému tréninku. Samotné užití tréninku síly nemá u hráčů fotbalu velké opodstatnění, účelná je však jeho kombinace s funkčním tréninkem. Psotta et al. doporučuje zařazení všech druhů svalové síly zaměřených na určitou část těla v přípravném období 1–3 krát týdně, v hlavním období 1 krát týdně a v přechodném 1–2 krát týdně. Časový interval pro zotavení mezi jednotlivými bloky by měl být podle Psotty et al. minimálně 1–2 dny.

2.5 Diagnostika jako součást řízení sportovního tréninku

Lehnert et al. (2010) chápe diagnostiku jako nástroj pro posuzování trénovanosti a tréninkové efektivity v průběhu tréninkových období či etap a pro přezkoumávání stanovených cílů tréninku. Měkota a Cuberek (2007) uvádějí dva základní přístupy uplatnění diagnostiky. První založený na změřeném výkonu (finální výsledek) a druhý na posouzení průběhu (provedení) pohybového aktu. Podle Měkoty a Cuberka se v prvním přístupu uplatňují motorické (výkonové) testy. Zaznamenaný výsledek (skóre) se porovnává s normou, odvozenou statisticky nebo standardem stanoveným expertizou.

Podobně i Čelíkovský et al. (1979, 117) udává, že nejdůležitější technikou v diagnostické antropometrii jsou motorické testy a ty charakterizuje jako „...standardizovaný postup (zkoušku), jehož náplní je pohybová činnost, a výsledek je číselné vyjádření průběhu či výsledku činnosti jako testová skóre“. Rozdíl od ostatních zkoušek vidí Čelíkovský et al. hlavně v standardizaci a statistickém přístupu k datům při jejich vyhodnocování. Pojem testy Čelíkovský et al. chápe nejen jako jednotlivé zkoušky jako je např. výskok, ale i jako testové systémy, testové baterie a testové profily.

Hlavním důvodem využívání různých testů tělesných schopností a dovedností je získat informaci, kterou můžeme využít ke zlepšení celkového sportovního výkonu (Ekblom, 1994). Obdobně také Dovalil et al. (2002) uvádí, že kontrola trénovanosti poskytuje informace o změnách, které nastávají nebo taky nenastávají v průběhu tréninkového procesu a že je důležité vědět, na které ukazatele trénovanosti je nutné se při kontrole zaměřit. Trénovanost je vyjádřena stavem jednotlivých sportovních faktorů, je specifická a je určována kondiční, technickou, taktickou a psychickou připraveností.

Podle Dovalila et al. (2002) jsou požadavky v testování hlavně komplexnost, specializace, systematičnost a pravidelnost. Kritéria, která testy musí splňovat, popisují Neumann (2003) a Měkota a Novosad (2005) jako:

- **Platnost (validita)** závisí na tom, nakolik se podařilo nalézt pohybový obsah, v němž se dominantně promítne diagnostikovaná schopnost.

- **Spolehlivost (reliabilita)** vypovídá o přesnosti nebo možné velikosti chyb při měření.

- **Objektivita (souhlasnost)** – stupeň shody testových výsledků, které získávají různí měřiči, vedoucí testování.

K tomu, abychom mohli provést kontrolu trénovanosti, vyhodnocení tréninku, potřebujeme zjistit stav jednotlivých ukazatelů výkonu. V této práci jsme se zaměřili na pohybové schopnosti a k jejich kontrole se v praxi používají zátěžové a motorické testy.

Měkota a Novosad (2005) rozlišují tři typy testů používaných pro potřeby praxe i výzkumu:

- **Zátěžové testy** (kvantifikují odezvu organismu na předepsanou zátěž)
- **Motorické testy** (kvantifikují dosažené výkony)
- **Sportovní testy** (kvantifikují výkony v soutěži)

Dále se testování můžeme rozlišovat na testy laboratorní a terénní, které mají podle mnohých autorů četné výhody ale i nedostatky (Tabulka 2).

Tabulka 2. Výhody a nevýhody laboratorních a terénních testů (Gore, 2000, upraveno)

Laboratorní testy	
výhody	nevýhody
standardní podmínky	vyšší cena
snímání řady biologických ukazatelů	omezená kapacita
určení fyzikálního výkonu	menší přímá využitelnost výsledků v tréninku
vyšší přesnost měření	
Terénní testy	
nižší cena, větší dostupnost	závislost na klimatických podmínkách
testování velké skupiny hráčů	nižší přesnost výsledků
přímá využitelnost výsledku v tréninku	

Nejčastěji se podle Gore (2000) při testování využívá kombinace laboratorních a terénních způsobů hodnocení aktuální výkonnosti hráče.

2.5.1 Diagnostika síly

Terénní testy síly využívají cviky s působením vnějšího odporu nebo cviků s překonáváním odporu vlastního těla. Jako indikátor výkonu se uvádí dosažený počet opakování, čas výdrže, výška či délka skoku apod. Odpor, se kterým cvičenec provede maximálně jedno opakování (dále jen 1 MO) je stanoven jako maximální možný překonaný odpor pro dané hlavní svalové skupiny. Jeho znalost je důležitá pro trenéra, kdy podle jeho hodnoty volí intenzitu a objem dalších cvičení (Lehnert et al., 2010; Morrow, Jackson, Disch & Mood 2005).

U laboratorních testů síly jde většinou o biomechanická měření, při kterých je uplatňováno především testování statické a dynamické síly formou dynamometrie. Měřena je hlavně práce, výkon a moment síly (torque) produkovaný při koncentrickém, excentrickém, isometrickém a isokinetickém svalovém stahu. Při testování statické síly má proband za úkol vyvinout maximální sílu proti pevnému odporu, kdy výsledkem je izometrická křivka závislosti hodnoty izometrické síly na čase. Z těchto dat můžeme stanovovat úroveň rychlé síly, startovní a explozivní síly nebo také velikost rychlostně silového indexu. Pro testování rychlé a reaktivní síly dolních končetin je využíváno tenzometrické plošiny, pomocí které je možné určit mimo jiné hodnotu měřené síly a čas, kdy bylo dosaženo maxima této hodnoty. Opakem testování statického je dynamické. To vyžaduje speciálně konstruované stroje, kde soustava pák a kladek spojuje místo odporu a síly. Handicap spojený s měřením takovými stroji překonává isokinetická dynamometrie, kde je možno měnit velikost odporu v průběhu pohybu tak, aby pohyb probíhal stále předem stanovenou rychlostí. Speciálním softwarem jsou poté vyhodnoceny výsledky testování (Morrow et al., 2005).

Lehnert et al. (2010) uvádí, že diagnostika síly se uplatňuje při stanovení úrovně jednotlivých svalových skupin a druhů síly. Díky ní můžeme vybrat správné prostředky a metody tréninku, stanovit a vyhodnotit optimální velikosti parametrů silového zatížení. Výsledků se využívá ke správné tvorbě individualizovaných tréninkových programů a jejich korekcí. Samotná silová schopnost a její velikost není přímo měřitelná. Důležité je zhodnotit přírůstky síly, vzhledem k typu tréninku. Proto je nutné „volit takové testy, které mohou ukázat na eventuální specifické změny výkonnosti

sportovce“ (Lehnert et al., 2010, 48). Rovněž Boyle (2004) konstatuje, že v praxi je využíváno různých typů laboratorních a terénních testů, je však důležité používat takové testy, které hodnotí funkční sílu, to je sílu, kterou je sportovec schopen skutečně využít.

Heyward (2006) uvádí, že měření statické nebo dynamické síly a její vytrvalosti je důležité pro stanovení základních hodnot před tréninkem, pro monitorování výkonu během tréninku a stanovení celkové efektivnosti tréninkového programu. Při stanovení statické síly bývá využíváno dynamometrů, tensometrů a siloměrů. Činky, konstatní či variabilní odpor a isokinetické stroje bývají využívány pro měření dynamické síly a vytrvalosti. Testové procedury závisejí na typu testu a výběru vybavení (Tabulka 3).

Tabulka 3. Schématické znázornění testování síly (Heyward, 2006, upraveno)

Způsob testování	Vybavení	Měřítka
Statický režim	Isometrická dynamometrie, řetězový tenzometr, siloměr	Maximální volní kontrakce (kg)
Dynamický režim		
Konstantní odpor Proměnlivý odpor	Činky, posilovací stroje	1 OM
Isokinetický režim	Isokinetické stroje	Peak torque (Nm)

Testování síly dolních končetin

Testování síly dolních končetin je podle Boyle (2004) mnohem obtížnější než testování síly horních končetin. Zmíněný autor uvádí několik testů, které testují funkční sílu dolních končetin. Například dřep jednou nohou na desce demonstruje nejlépe sílu dolní končetiny. I když z funkčního hlediska je důležitější spíše kvalita provedení pohybu, kde hrají roli také koordinace a zkušenost, než samotná svalová síla. Autor uvádí, že při testování síly je vždy zásadní dostatečná familiarizace s pohybovým zadáním. Jako jednoduchou alternativu testování síly dolních končetin udává Boyle vertikální skok. Vertikální skok je relativně bezpečný a má již dané normy pro srovnání.

Další alternativy jako pětiskok nebo skok snožmo z místa uvádí Neumann (2003). Pro srovnání hodnot dosažených u skoků je možné použít kritéria dle Neumanna (Tabulka 4).

Podle Grasgrubera a Cacka (2008) je nutné přihlídnout k faktu, že u horizontálních skoků se zapojují svaly dolních končetin v jiné míře než u skoků vertikálních, tudíž použití takovýchto testů nemusí být vždy dostatečně specifické a to i vzhledem jiným pohybům. Výška u netrénovaných jedinců může orientačně posloužit i k porovnávání podílu rychlých svalových vláken. Vertikální skok a jeho kinematické parametry (odrazová rychlost, zrychlení, výbušný výkon) obecně korelují více se schopností akcelerace než s maximální rychlostí. Častým problémem při srovnání testů vertikálního výskoku bývají obměny v procedurách, u novějších studií se testuje vertikální skok s eliminací rukou, nebo se vychází se statické pozice v podřepu (v anglické literatuře squat jump), která umožňuje postihnout potenciál elastické energie. V poslední době se ve v odborných studiích šíří testování vertikálních skoků na odrazových platformách, které vypočítávají pohyb tělesného těžiště z hmotnosti těla a síly odrazu. Tyto výsledky jsou podle tvůrců platform přesnější, protože u nich nedochází ke zkreslení hodnot protažením ramene a tím nadhodnocení skutečné výšky těžiště. Problémem je, že se hodnoty u různých výrobců platform navzájem liší. Za nejpřesnější je podle Grasgrubera a Cacka považována platforma Kistler.

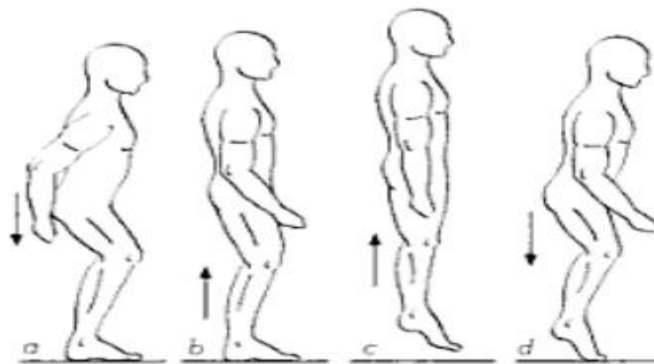
Tabulka 4. Výkonnost ve vertikálním výskoku a skoku snožmo z místa (Neumann, 2003, upraveno)

Výkon	Vertikální skok	Skok snožmo z místa (cm)
Slabý	41 a méně	200 a více
Průměrný	42-56	201-299
Vynikající	56 a více	300 a více

Vertikální skok je využíván jako laboratorní nebo terénní funkční test pro měření síly dolních končetin. Skoky existují v mnoha formách a mají různý význam v rozdílných sportovních odvětvích, ve fotbale nevyjímaje. Autoři popisují vertikální výskok jako přirozený odraz z podložky či země, za použití svalů dolních končetin. Ve

fotbale mimo zřejmé výhody při výskocích a vzdušných soubojích má síla dolních končetin také značný význam pro zrychlení, rychlé zastavení, startovní pohyby a náhlé změny směru pohybu, které vyžadují mnohé herní situace (Whiting & Rugg, 2006). Podobně danou problematiku popisuje i Ekblom (1994), který připisuje velký význam síle dolních končetin pro specifické pohyby ve fotbale, jako jsou sprinty a kopy.

Pro přesnější charakterizování skoku je nutné uvést pojem zahájení skoku, kdy se dostává jedna či obě končetiny do fáze bez dotyku s podložkou a dopad, kdy se opět jedna či obě končetiny dotýkají podložky. Whiting & Rugg (2006) rozlišují fáze vertikálního skoku s odrazem obounož na čtyři doby (přípravnou, reaktivní, letovou a doskokovou). Samotný pohyb začíná ze vzpřímené pozice, během přípravné fáze (dolů) provádějí boky a kolena flexi a kotníky dorziflexi, ramena jdou za tělo do hyperflexe. Reaktivní fáze (nahoru) boky a kolena provádějí extenzi, kotníky plantární flexi a paže zhoupnutí v před do flexe. Letová fáze začíná odrazem, kdy palce opouští podložku. Během letové fáze se tělo dostává do relativně vyššího postavení než při dopadu. První kontakt s podložkou značí začátek doskokové fáze, během které boky a kolena provádějí flexi, kotníky dorziflexi a paže extenzi. Tělo absorbuje síly, které na něj působí během dopadu (Obrázek 4).



Obrázek 4. Fáze vertikálního skoku: a) přípravná, b) reaktivní, c) letová, d) doskoková podle Whiting & Rugg (2006, upraveno)

Hlavní význam při vertikálním skoku má trojhlavý sval lýtkový (m. triceps surae), který zajišťuje flexi v koleni a společně s dlouhým ohýbačem palce (m. flexor hallucis longus) také plantární flexi v kotníku. Dalším důležitým svalem je čtyřhlavý sval stehenní (m. quadriceps femoris), provádějící extenzi v koleni a flexi v kyčli. Svaly hýžděové (m. gluteus maximus, m. gluteus medius a m. gluteus minimus) se při odrazu podílejí na extenzi kyčle a rotaci stehna, zatímco dvojhlavý sval stehenní (m. biceps

femoris) sehrává důležitou úlohu jako antagonist a zajišťuje flexi v koleni. V neposlední řadě je při výskoku aktivováno svalstvo zádové, především dlouhý sval zádový (m. longissimus dorsi), který má na starost extenzi trupu (Haník & Lehnert, 2004). Podíl na vertikálním výskoku u jednotlivých kloubů a k nim přilehlých svalů je podle Kovalski et al. (2001) u vertikálního výskoku obounož (kyčelní kloub – 46 %, kolenní kloub – 4 %, hlezenní kloub – 50 %) vertikální výskok z jedné nohy (kyčelní kloub – 34 %, kolenní kloub – 24 %, hlezenní kloub – 42 %).

2.5.2 Diagnostika síly s využitím Isokinetické dynamometrie

Pojem isokinetika vychází ze specifické situace, kde sval či svalová skupin kontrahuje proti kontrolovanému přízpůsobujícímu se odporu, který způsobuje, že segment těla se pohybuje konstantní úhlovou nebo lineární rychlostí v rámci předem definované a stabilní rychlosti pohybu (Dvir, 2004). Isokinetická dynamometrie se týká vytvoření nestálého odporu a jeho měření. Používá se k měření volní svalové kontrakce, kde jsou podstatné fyziologické a mechanické faktory a zároveň má také velký význam složka psychická, jako je motivace a spolupráce (Perrin, 1993).

Princip fungování isokinetických přístrojů

Všechny isokinetické přístroje pracují na stejném principu: rameno páky se kterým je proband v kontaktu, se pohybuje předem nastavenou úhlovou rychlostí (PAV – preset angular velocity). To je umožněno skutečností, že tlačí-li proband do podložky silněji, přístroj zvětší odpor a rychlost zůstává konstantní. Odpor je tedy proměnlivý a odpovídá změnám v síle vyvíjené svaly v jednotlivých úhlech pohybu.

Přednosti isokinetických přístrojů

Autoři Chan a Maffulli (1996), Perrin (1993) a Dvir (2004) spatřují přednosti hlavně ve snadnosti používání (nenáročné na zvládnutí techniky cvičení) a bezpečnosti (díky schopnosti přizpůsobovat odpor v každém momentu cvičení při stálé rychlosti) realizace cvičení i pro netrénované jedince, či jedince v rekonvalescenci. Vysoká reliabilita testů mezi sebou, kdy korelační koeficient je mezi $r=0,93$ až $r=0,99$, a obsahová validita vzhledem k výkonnosti svalů. Dále také v tom, že umožňuje cvičení izolovaných a slabších svalových skupin. Objektivní měření funkcí svalů isokinetickou metodou umožňuje produkci reprodukovatelných a srovnatelných výsledků. Proto je isokinetická metoda populární a jednoduchou formou měření svalové síly u hráčů fotbalu (Tsiokanos, Kellis, Jamurtas, & Kellis, 2002). Isokinetický odpor má několik výhod, oproti ostatním cvičebním modifikacím. Jedna z hlavních výhod je, že svalové skupiny mohou provádět pohyb na úrovni jejich potenciálního maxima a skrze celkový rozsah kloubního pohybu. Může také poskytovat bezpečnější alternativu jako další druh cvičení během rehabilitace (Perrin, 1993). Thistle (in Perrin, 1993) uvádí ve své studii, že cvičení s proměnlivým odporem přináší pro schopnost vyvíjení svalové síly a její kapacitu nové postupy pro trénink a diagnostiku síly. Dnes se setkáváme s pojmy isokinetická svalová činnost, resp. akce, isokinetické cvičení, isokinetické měření, resp. testování apod. hlavně v oblasti sportu a rehabilitace.

Nevýhody

Podle Kenta a Timma (in Chan & Maffulli, 1996) patří k nevýhodám především validita měření u izolovaných svalových skupin při provádění pohybů ve velkém rozsahu pohybu ve srovnání s funkčními testy. Dále také to, že prováděná cvičení jsou většinou v otevřeném kinematickém řetězci, který je pro většinu sportovních činností atypický. V neposlední řadě vysoká pořizovací cena přístroje

2.5.3 Testování flexorů a extenzorů v kolenním kloubu

Kolenní kloub (articulatio genus) je složený kloub, obsahující spojení válcového a kladkového charakteru. Jeho součástí jsou také menisky (meniscus lateralis et medialis), které představují většinu styčné plochy kloubu. Patela je přiložena k patelární ploše femuru. Hlavní pohyby (flexe, extenze a rotace) jsou zajišťovány velkými svalovými skupinami, jako jsou čtyřhlavý sval stehenní (m. quadriceps femoris), dvojhlavý sval stehenní (m. biceps femoris), krejčovský sval (m. sartorius) pološlašitý sval (m. semitendinosus), poloblantý sval (m. semimebranosus) a zákolenní (m. popliteus) (Přidalová & Riegerová, 2002).

Pozice a stabilizace

Používají se tři pozice: v sedu, v lehu na zádech a na břiše. Podle Worrel in Perrin (1993) s výjimkou krátké hlavy dvouhlavého svalu stehenního procházejí všechny výše zmíněné svalové skupiny přes kyčelní kloub. Proto hamstringy produkují menší torque během extenze v koleni, když je trup natažen, než když je ve flexi. Flexe v kolenním kloubu se také účastní dvojhlavý sval lýtkový (m. gastrocnemius) a chodidlový sval (M. plantaris), který je synergistou dvouhlavého svalu lýtkového. Dvir (2004) doporučuje testování hamstringů v poloze leh na břiše nebo v sedu. Nejlepší pozicí je podle Dvira pravděpodobně úhel 180° (v lehu na zádech) a to pro měření obou skupin svalů.

Pozice odporové podložky

Dvir (2004) uvádí, že je důležité při umístění zkontrolovat, zda proband může pohodlně provést dorziflexi kotníku. Řada studií potvrdila, že rozdílnost umístění podložky ovlivňuje výsledek měření. Konzistence v umístění podložky je proto důležitá jak pro srovnání levé a pravé končetiny, tak pro měření v různých časových obdobích.

Úhlové rychlosti (AV - angle velocity)

V isokinetické dynamometrii je využíváno široké spektrum rychlostí, jak úhlových (30° až $400^\circ/\text{s}$) tak lineárních (10cm až 30cm/s). Běžně bývá využívána úhlová rychlost $30^\circ/\text{s}$ a její násobky. Tato praxe nemá žádné funkční ani biologické opodstatnění, ale vyplývá z historických kořenů měření pomocí přístroje Cybex. Platí, že čím vyšší je AV, tím menší rozsah pohybu je proveden v isokinetickém režimu (Brown, 2000).

Vybrané proměnné isokinetické síly (Brown, 2000; Dvir, 2004):

- **Torque** (T) je síla (moment síly), produkována svaly při určité úhlové rychlosti, měřena po celý rozsah pohybu (Obrázek 4). Hodnota T může být udána jako vrcholová hodnota peak torque (PT) pro nebo jako průměrná hodnota average torque (AV). Velmi často používaný ukazatel síly (v Nm). Moment síly generován svalem je roven násobku délky ramene a hodnoty síly naměřené snímači dynamometru a hmotností končetiny (Obrázek 4). Proto před začátkem měření dynamometr sám určí hmotnost končetiny, která nesmí být zanedbána. Velikost síly zjištěné pomocí snímače dynamometru je nepřímo úměrná vzdálenosti mezi osou otáčení kloubu a místem účinku síly. Proto umístění snímače dynamometru musí být standardizováno a vždy stejné u každého probanda (Dvir, 2004; Chan & Maffuli, 1996). Podle Dvira (2004) vede nedodržení této premisy k odchylkám až 5 %.

- **Peak torque** (PT) hodnota maximální síly, která je přesně určena časem a úhlem, ve kterém bylo této hodnoty dosaženo. Někdy také označován jako Maximální moment síly (PM – peak moment) a představuje maximální hodnotu křivky MAP.

- **Average torque** je průměrná síla, které bylo dosaženo v průběhu celého rozsahu pohybu.

- **Work** – práce je vyjádřením množství svalové tenze, která byla vyprodukována během svalové kontrakce, při známé síle a rozsahu pohybu. Pokud je známo množství času pro produkci práce, schopnost svalových skupin produkovat svalovou práci je možné odhadnout.

- **Power (P)** je množství práce vyprodukované za jednotku času.

- **Křivka momentu síly vzhledem k poloze (MAP – moment angular position)**, ne všechny isokinetické křivky mají stejný typický tvar převráceného „U“. V důsledku toho je s těmito křivkami spojený určitý stupeň specificity. Typickým příkladem je odlišnost mezi koncentrickými MAP křivkami u kvadricepsu a hamstringu při pozici v sedu. Zatímco křivka kvadricepsu začíná a normálně končí na nebo blízko nulové hodnoty ramene síly, hamstring je charakterizován monotónním zvyšováním křivky s vrcholem blízko nebo na konci rozsahu pohybu.

- **Čas pro dosažení maximálního momentu síly (Tmax nebo Peak time)** je využíván k posuzování úrovně explozivity pomocí intervalu mezi zahájením pohybu a dosažení maximálního momentu síly. Produkt silového momentu za čas, po který moment působí (v Nm/s) má specifický význam např. při porovnání. Např. ve studii Perrin (1993) u sprinterů a běžců na lyžích při cviku extenze kolene byl nejlepším diskriminátorem mezi skupinami Tmax, zatímco PM neodhalil rozdíly.

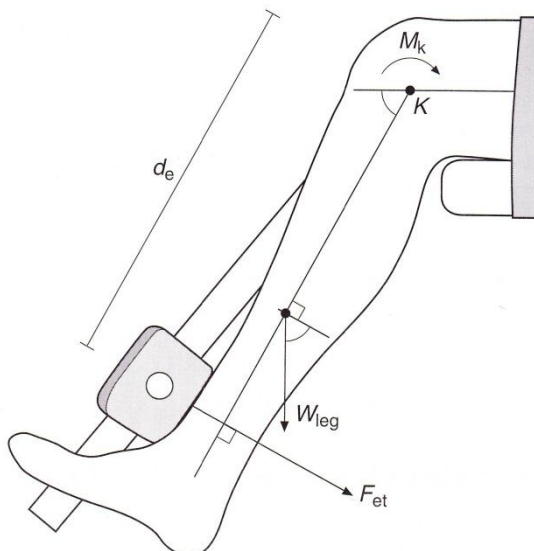
- **Poměr H/Q (hamstring/qadriceps)** patří mezi důležité ukazatele na případné riziko výskytu zranění. Lze obecně předpokládat, že svalová síla a rovnováha mezi svalovými skupinami hraje významnou roli při akutních úrazech daných svalů. Z toho plyne, že hodnocení vzájemných dysbalancí mezi svalovými skupinami antagonistů a agonistů lze využít jako faktor předcházející vzniku zranění (Lehance et al., 2009).

Brown (2000) poukazuje na vztah mezi svalovým impulsem a rychlostí, kdy v případě že se úhlová rychlost u koncentrické kontrakce zvyšuje, dochází ke snížení max. momentu vyvíjeného svalovou skupinou. U excentrické kontrakce se maximální moment nejdříve zvyšuje, při vyšších rychlostech zůstává stabilní nebo klesá.

Poměr excentrické a koncentrické kontrakce musí být vyjadřován při stejné rychlosti. Tento poměr by se měl zvyšovat proporcionálně se zvyšující se rychlostí. V současné literatuře se většinou vyjadřuje při pomalých až středních rychlostech (Dvir, 2004)

Výsledný testový profil

Isokinetickými testy získáme profil, který může být použit pro predikci náchylnosti zranění, monitorování v rehabilitaci po zranění nebo determinování efektivnosti a specifčnosti tréninku sportovců. V praxi je isokinetické dynamometrie využíváno pro měření síly horních, dolních končetin a trupu, ve flexi a extenzi, rotacích či abdukcích a addukcích, téměř ve všech možných kloubních spojeních. Nejčastěji však v extenzi a flexi v kolenním a loketním kloubu, plantární flexi, extenzi, inverzi a everzi, abdukci a addukci v ramenním a kyčelním kloubu (Brown, 2000; Chan & Maffulli, 1996; Dvir, 2004; Perrin, 1993)



Obrázek 5. Moment síly svalu, M_k , je roven násobku délky ramene, d_e , a hodnoty síly naměřené snímačem dynamometru, F_{et} , a hmotností končetiny, W_{leg} . Také se provádí gravitační korekce (Dvir, 2004, 4)

Výzkum mnoha autorů v této oblasti naznačuje předpověditelnost práce a výkonu z hodnot PT jak u zdravých kolenních kloubů, tak po zranění. Spolehlivostí testů isokinetické síly svalů kolene (m. quadriceps femoris a m. biceps femoris) se zabývají mnohé prameny. Perrin (1993) uvádí, že spolehlivost isokinetických testů je vysoká, skrze široké spektrum rychlostí, které je možno využívat pro obě svalové partie.

2.5.4 Isokinetické testování ve fotbalu

Fotbal lze zařadit podle Ekblom (1994) mezi silově orientované sporty (strength related sports). Vyžadují, jak absolutní sílu (např. při kopu nebo tělesném kontaktu), tak relativní sílu (např. při běhu a odrazech). Ačkoliv je síla důležitým faktorem, hráči mohou být úspěšní i bez její vysoké úrovně (kompenzováno jinými charakteristikami). Brown (2000) uvádí, že existují důkazy, že úspěch při kopu, hlavně ve fotbalu má vztah k isokinetické síle. Dále, že se může vyskytovat mnoho důležitých kritérií pro volbu strategie měření síly: korelace s výkonem, schopnost rozlišovat mezi hráči různých úrovní, citlivost na tréninkové adaptace, možnost normativních dat pro srovnání, reliabilita testových protokolů, biomechanická analýza důležitých elementů výkonu (poměr H/Q, čas pro dosažení maximální síly, apod.).

Studie Tsiokanos et al. (2002) uvádí se, že svalová síla, zvláště v rychlých isokinetických pohybech, je důležitá pro herní výkon ve fotbale.

Korelace s výkonem dolních končetin

Mnoho studií, např. Newman et al. (2004); Kellis et al. (1999); Wrigley (2000) nebo Saliba a Hrysomallis (2001) aj., uvádí různé korelace mezi isokinetickou silou flexorů a extenzorů kolene výškou u vertikálních skoků, rychlostí míče po kopu a vzdálenosti po odkopnutí míče. Dále také vztah k výkonu ve sprintu na krátké vzdálenosti apod.

Schopnost rozlišení hráčů různé úrovně a mezi jednotlivými hráčskými posty

Nynější trend je takový, že obránci jsou o něco silnější než záložníci a útočníci. Dále existují důkazy podporující vztah mezi skladbou svalových vláken a isokinetickou silou (Thorstensson, Brimby & Karlsson, 1976) a vytrvalostními testy (Perrine, 1977).

Citlivost na tréninkové adaptace.

Isokinetická síla je citlivá na změny síly v průběhu tréninkových a soutěžních fází ve fotbale. Pokles koncentrické síly kolenních extenzorů při střední rychlosti (samostatně a ve srovnání s excentrickou silou) se ukázal být faktorem přetrénování u špičkových sportovců. Isokinetická síla se ukazuje jako citlivá na změny v síle způsobené neisokinetickým silovým tréninkem u fotbalu. Detekované změny byly spojeny se změnami ve sportovně specifickém výkonu (kopu), což indikuje citlivost na adaptace v oblasti funkční síly. Tyto adaptace však mohou záviset na úrovni dovednosti před tréninkem, tzn. potenciálu pro zlepšení. To je jeden z mnoha vážných problémů ve stanovení vztahu mezi změnami v síle a zlepšení ve výkonu (Brown, 2000).

Normativní data

Pro srovnání jsou k dispozici pro mužskou a juniorskou kategorii vrcholových hráčů a hráčů nižší úrovně. Reprezentativní hodnoty pro kolenní kloub a stanovení norem není jednoduchou záležitostí a vyžaduje množství subjektů shodujících se vzhledem k velkému množství deskriptorů. Příklady naměřených hodnot PT z různých světových studií (Tabulka 5) uvádí Perrin (1993). Ty se dělí do tří oblastí:

- Subjektově orientované (pohlaví, věk)
- Spojené s protokolem (např. druh kontrakce, úhlová rychlost)
- Spojené s měřením (měřicí zařízení, měřené proměnné)

Tabulka 5. Přehled hodnot peak torque (Nm) u flexe a extenze (Perrin, 1993, upraveno)

Autor a probadi	Pohlaví	Věk	Dominantní extenze	Dominantní flexe
Poulmedis (1985) Profesionální hráči fotbalu	Muži	28	182.1 (30°/s) 140.9 (90°/s) 92.9 (180°/s)	107.7 (60°/s) 92.2 (90°/s) 68.6 (90°/s)
Schlinkman (1984) Středoškolští hráči fotbalu	Muži	15-17	173 (60°/s) 98 (240°/s) 83 (300°/s)	94 (60°/s) 65 (240°/s) 56 (300°/s)
Fillyaw et al. (1986) Universitní hráčky fotbalu	Ženy	19	87 (60°/s) 49.6 (240°/s)	46.7 (60°/s) 25.3 (240°/s)

Reliabilita testových protokolů.

Isokinetické stanovení síly flexorů a extenzorů kolene bylo prokázáno jako reliabilní u reprezentativních vzorků hráčů. Je třeba brát v potaz konfidenční interval založený na standardní chybě měření. Těžce se stanovuje, zda změny výsledků za určité období reprezentují dominantní změny, nebo jsou jednoduše v rámci normální variability. Stejně tak rozdíly mezi jednotlivci nemusejí být pravými rozdíly. Testy ve vyšších rychlostech se ukazují poněkud méně reliabilní. Platí to také pro excentrické testy. Rovněž poměry pravá a levá končetina, vypočítané z absolutních hodnot, mají obecně nižší reliabilitu než složená absolutní skóre, především ve vyšších rychlostech (Brown, 2000). Kannus stanovil ve své práci velmi vysoké hodnoty reliability pro měření koncentrické síly quadricepsů a hamstringů. Kramer, Klopfer a van Swearingen stanovili pro excentrickou činnost reliabilitu o něco nižší hodnotu variability než pro koncentrickou kontrakci (in Chan & Maffulli, 1996).

2.5.5 Vztahy mezi isokinetickým testováním a funkčními testy

Wrigley (in Brown, 2000) tvrdí, že isokinetika může být široce využívána, i když je v pramenech uváděno, že se jeví jako nespecifická pro sportovní účely. Tato skutečnost podle oponentů isokinetické dynamometrie vychází z tvrzení, jak mohou pohyby prováděné relativně pomalou a konstantní úhlovou rychlostí (obvykle v jednotlivých kloubech) být blízké ke sportovním pohybům a výkonům, které zahrnují vysoké, nekonstantní rychlosti a obvykle jsou prováděny více klouby najednou.

Pro srovnání isokinetických testů jako nespecifických a např. vertikálního skoku jako testu specifického slouží korelace. Ty jsou využívány jako vyjádření vztahu (Tabulka 6) mezi nimi nebo jako prediktor míry ovlivnění vzrůstu či poklesu naměřených hodnot korelačních koeficientů u jednoho z testů ve srovnání s druhým a na základě toho může být např. poukazováno na možnost použití jednoho testu místo druhého (Gibilisco, 2009; Chráska, 1988; Milton, 1992; Morrow et al., 2005).

Tabulka 6. Korelace a jejich vyjádření podle (Morrow et al., 2005, upraveno)

Negativní korelace				Nula	Pozitivní korelace			
-1.00	-.70		-.30	0	.30		.70	1.00
Úplná	Vysoká	Střední	Nízká	Žádná	Nízká	Střední	Vysoká	Úplná

Bylo již vypracováno mnoho studií, které se zabývají isokinetikou a vztahem k jiným testům (Brown, 2000). Korelace mezi isokinetickou silou dolních končetin a odkopovou schopností naznačují, že silový trénink u hráčů fotbalu může efektivně zlepšit odkopovou schopnost, a že svalová síla, hlavně v rychlých isokinetických pohybech může podpořit herní schopnosti a že svalové dysbalance může znamenat náchylnost ke zraněním (Ekblom, 1994).

Existuje množství studií, které se zabývají vztahy mezi isokinetickou silou dolních končetin a různými druhy skoků u zdravé sportovní populace (Destaso, Kaminsky & Perrin, 1997; Östenberg, Roos & Özcakar et al., 2003; Tsiokanos, Kellis, Jamurtas a Kellis, 2002; Malliou et al., 2003).

Malliou et al. (2003) se zaměřil na determinaci vztahů mezi isokinetickou silou kolenních extenzorů (peak torque při rychlosti 60°/s a 180°/s) a vertikálními skoky v rozdílných obdobích RTC u profesionálních hráčů fotbalu. Byly nalezeny střední až vysoké korelační koeficienty po přípravném období ($r=0,43$ až $r=0,78$), po závodním nízké až střední ($r=0,39$ až $r=0,69$) a zanedbatelné ($r=0,14$ až $r=0,26$) po přechodném období. Autoři DeStaso, Kaminski, & Perrin (1997) zjišťují střední korelační koeficient ($r=0,48$) mezi relativní silou extenzorů kolene (Peak torque/hmotnost) a výškou výskoku po skoku z bedny. Uvádí, že isokinetické měření je prospěšné pro lepší stanovení tréninkových a rehabilitačních programů, a že hodnoty peak torque mohou posloužit jako prediktory výšky u skoku. Ve studii Özcakar et al. (2003) byly zjištěny střední korelační koeficienty ($r=0,40$ až $r=0,55$) mezi vertikálními skoky a maximální silou (peak torque) extenzorů kolene při rychlosti 60°/s (Tabulka 7). Korelace se sprinty a isokinetickou silou neukázaly významné závislosti, stejně jako srovnání síly flexorů při stejné rychlosti se skoky a sprinty.

Tabulka 7 Korelace mezi isokinetickou silou, skoky a sprinty (Özcarar et al., 2003, upraveno)

	PT (r)	PT (l)	SJ	CMJ	5m	10m	20m
PT (r)		.68	.41	.33	-.20	-.40	-.44
PT (l)	.68		.40	.55	-.44	-.52	-.58

Vysvětlivky:

PT – peak torque, *r* – pravá končetina, *l* – levá končetina, *SJ* – squat jump, *CMJ* – counter movement jump

Autoři Östenberg, Roos, Ekdahl a Roos (1998) doporučují nevyužívat isokinetické testy svalové síly jako zastupné testy funkčních testů. Tyto tvrzení dokládají nízkými korelačními koeficienty mezi funkčními a isokinetickými testy, v kterých bylo provedeno isokinetické měření síly flexorů a extenzorů v kolenním kloubu při rychlostech 60°/s a 180°/s a funkční zkoušky (skok z jedné nohy, trojskok, vertikální výskok). V rychlosti 60°/s byly po započítání tělesné váhy, výšky a věku zjištěny nízké korelační koeficienty ($r=-0,31$ až $r=0,31$) mezi průměrnými hodnotami isokinetické síly (dominantní i nedominantní končetiny) a vertikálních skoků (skoku jednož, trojskoku). Nebyly nalezeny žádné významné korelace mezi peak torque v 60/s pro vertikální výskok (Tabulka 8). V rychlosti 180°/s byly naměřené korelační koeficienty v rozmezí ($r=-0,35$ až $r=0,46$) u průměrné hodnoty isokinetické síly pro pravou i levou nohu a průměry pro pravou i levou nohu u skoku jednož, trojskoku a vertikálního skoku. Ve všech výpočtech byly použity ve výpočtech složky váhy, výšky a věku.

Tabulka 8 Korelace isokinetické síly extenzorů kolene a funkčních testů v rychlosti 60°/s (Östenberg et al., 1998, upraveno)

Test	Korelace
Skok jednož	.31
Trojskok	.30
Vertikální skok	.19

Studie autorů Tsiokanos, Kellis, Jamurtas a Kellis (2002) byla provedena na 29 subjektech mužského pohlaví se záněšením na vztah mezi isokinetickou silou a výkonem ve vertikálním skoku. Porovnávala dosaženou výšku a vykonanou práci u vertikálních

skoků s isokinetickou silou extenzorů boku, kolen a plantárních flexorů kotníku, v rychlostech 60°/s, 120°/s a 180°/s. Výsledky studie uvádí vysoké korelační koeficienty (dále jen korelace) mezi prací při skoku a isokinetickou silou extenzorů kolene a kyčle, ale střední korelace mezi isokinetickou silou a výškou vertikálních skoků. Mezi prací vertikálního skoku bez paží a isokinetickou silou extenzorů kolene byly zjištěny střední korelace u všech rychlostí, nejvyšší v rychlosti 120°/s ($r=0,810$). Mezi prací vertikálního skoku s pažemi a isokinetickou silou extenzorů kolene byly rovněž zjištěny vysoké korelace ve všech rychlostech, nejvyšší 120°/s ($r=0,848$). Ve srovnání s tím byly naměřeny jen střední korelace mezi dosaženou výškou vertikálních skoků a isokinetickou silou u obou druhů skoku (Tabulka 9).

Tabulka 9. Korelace mezi vertikálními skoky a isokinetickou silou ve třech rychlostech (Tsiokanos et al., 2002, upraveno)

	K60	K120	K180
SJ (cm)	.490	.572	.589
CMJ (cm)	.465	.570	.642
SJ (W)	.739	.810	.778
CMJ (W)	.756	.848	.847

Vysvětlivky:

PT – peak torque, *SJ* – squat jump, *CMJ* – counter movement jump, *cm* – hodnoty výšky vertikálního skoku, *W* – hodnoty práce vertikálního skoku

Perrin, Lephart & Weltman (1998) uvádějí, že po isokinetickém tréninku a následném testování byly zjištěny vysoké korelace mezi vzrůstající peak torque, průměrným výkonem. Zmínění autoři z toho usuzují, že vzrůstající průměrný výkon, peak torque a okamžitý výkon se dá předpokládat jako výsledek isokinetického tréninku u zdravých sportovců.

V práci Blackburn & Morrissey (1998) byl studován vztah mezi otevřeným a uzavřeným kinetickým řetězcem u síly dolních končetin a vertikálními skoky. Výsledky studie naznačily rozmanité korelace. Mezi uzavřeným kinetickým řetězcem a vertikálním skokem byla nalezena vysoká korelace ($r=0,72$), u skoku do dálky střední ($r=0,65$). V otevřeném kinetickém řetězci byla nalezena jen minimální korelace

s vertikálním skokem ($r=0,09$). Z toho autoři usuzují, že uzavřené kinetické řetězce více souvisejí s výkonem při skocích než otevřené.

V roce 2001 provedli Saliba & Hrysomallis studii u hráčů australského fotbalu, která podporuje vztah mezi isokinetickou silou a vertikálními skoky. Saliba a Chrysomallis přináší ve své studii signifikantní korelace mezi isokinetickou silou flexorů a extensorů kolene ve třech různých rychlostech (60, 240 a 360°/s), vertikálními skoky a odkopovou schopností. Mezi skoky a isokinetickou silou byly zjištěny střední korelace ($r=0,55$ až $r=0,69$) u všech použitých rychlostí, nižší korelace ($r=0,40$ až $r=0,42$) byly zjištěny mezi isokinetickou silou a odkopovou schopností.

Vztah mezi isokinetickou silou a vertikálním skokem studovali také Iossifidou, Baltzopoulos a Giakas (2005). Zmínění autoři porovnávali výkon (měřený jako maximální síla a úhlová rychlost, vypočítaný čtyřmi různými metodami) produkovaný isokinetickou dynamometrií při koncentrické extenzi v kolenu ve čtyřech rychlostech (30, 90, 180 a 300°/s) a výkon u vertikálního skoku. Korelace neukázaly žádné významné vztahy mezi maximálním výkonem a vertikálními skoky v nízkých úhlových rychlostech. Významné korelace byly zjištěny pouze ve vyšších rychlostech, ale pouze za použití správné metody pro výpočet dat. Nejvyšší korelace byla při rychlosti 300°/s a to při použití IV. metody ($r=0,91$) (Tabulka 10). Měření také ukázala na rozdílné maximální hodnoty síly u isokinetické dynamometrie a vertikálního skoku. Maximální síla u vertikálního skoku byla vyšší ($231\pm 41\text{N/m}$) než u isokinetické dynamometrie ($159\pm 35\text{N/m}$) bez ohledu na přednastavenou úhlovou rychlost nebo metodu počítání.

Tabulka 10. Korelační koeficient mezi výkonem isokinetické síly ve čtyřech úhlových rychlostech a výkonem ve vertikálním skoku (Iossifidou, Baltzopoulos & Giakas, 2005, upraveno)

Úhlová rychlost	Korelace
30°/s	.33
90°/s	.48
180°/s	.74
300°/s	.91

3 CÍLE, ÚKOLY A VÝZKUMNÁ OTÁZKA

3.1 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je stanovit vztah mezi isokinetickou silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu a výškou vertikálního skoku, a to samostatně ve třech obdobích RTC u adolescentních fotbalistů.

3.2 Úkoly práce

1. Shromáždit poznatky k řešené problematice a tyto poznatky analyzovat.
2. Stanovit vhodné parametry isokinetické síly a vhodné varianty vertikálního skoku.
3. Realizovat měření isokinetické síly dolních končetin a vertikálního skoku u skupiny fotbalistů dorostenecké kategorie SK Sigma Olomouc po skončení soutěžního období, přechodného období a v průběhu soutěžního období.
4. Získané výsledky zpracovat, porovnat s výsledky již uskutečněných studií a posoudit změny vztahu mezi isokinetickou silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu a výškou vertikálního skoku ve sledovaných obdobích RTC.

3.3 Výzkumná otázka

Jaký je vztah mezi výsledky měření isokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu a výšky vertikálního skoku po skončení soutěžního období, po přechodném období a v soutěžním období?

4 METODIKA

4.1 Charakteristika souboru

Soubor probandů představovalo 16 hráčů SK Sigma Olomouc a.s. (Tabulka 11) ve věkovém rozmezí od 16 do 18 let, přičemž 7 bylo z kategorie U17, 8 z kategorie U18 a 1 z kategorie U19. Průměrný věk probandů byl $16,7 \pm 0,7$ let.

Všichni probandi byli seznámeni s cílem a metodikou měření, souhlasili s participací na výzkumu a s použitím získaných dat pro výzkumné účely. Testování byli pouze hráči bez akutních zdravotních problémů.

Tabulka 11. Charakteristiky souboru (n=16)

Proměnná	N	\bar{x}	Med	Min	Max	s
Výška	16	177,6	177,0	166,0	188,0	5,5
Hmotnost 1	16	66,4	65,4	46,6	85,2	9,1
Hmotnost 2	16	64,7	63,3	46,3	82,2	8,3
Hmotnost 3	16	65,0	64,5	47,3	82,2	8,3

Vysvětlivky:

N – rozsah souboru; 1, 2, 3 – označení termínu měření; \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

4.2 Tréninkové zatížení sledovaného souboru

Intenzita zatížení v průběhu RTC byla hodnocena na základě přibližné doby trvání jednotlivých částí tréninkových jednotek u celého souboru (U17, U18, U19). Pro odlišení různého tréninkového zatížení byly vytvořeny dvě tabulky (Tabulka 12 a 13), protože skupina U18 a U19 absolvovala letní přípravné období společně. Pro trénink síly byla zvolena metoda core trainingu a plyometrických cvičení, v průměru 1x týdně.

Tabulka 12. Ukazatele tréninkového zatížení hráčů U18 a U19

U19+U18	Počet minut
1. Kondiční trénink	
a) síla	375
b) anaerobní trénink	440
c) aerobní trénink	885
2. Dovednostně orientovaný trénink	
a) Te-Ta	502 (45)
b) herní trénink	780 (105)
3. Utkání	1350
4. Regenerace	405

Vysvětlivky:

Te-Ta – technicko taktický trénink. Hodnoty v závorkách vyjadřují počet minut tréninku s dominantně kondičním aspektem.

Tabulka 13. Ukazatele tréninkového zatížení hráčů U17

U17	Počet minut
1. Kondiční trénink	
a) síla	350
b) anaerobní trénink	300
c) aerobní trénink	420
2. Dovednostně orientovaný trénink	
a) Te-Ta	1355
b) herní trénink	1110(185)
3. Utkání	1360
4. Regenerace	455

Vysvětlivky:

Te-Ta – technicko taktický trénink. Hodnoty v závorkách vyjadřují počet minut tréninku s dominantně kondičním aspektem.

4.3 Postup měření

Jako první byla zjištěna dominance dolních končetin (jako dominantní končetina byla stanovena ta, kterou proband preferuje pro kop do míče), výška a váha. Poté probíhalo rozcvičení probandů. Ihned po ukončení rozcvičení následovala isokinetická dynamometrie a poté měření vertikálních skoků. Pořadí probandů při testování bylo vždy stejné. Po ukončení isokinetického testování první dolní končetiny se dynamometr poloautomaticky přednastavil na druhou dolní končetinu. Jako první končetina byla

testována pravá dolní končetina, poté levá dolní končetina. Měření vertikálního skoku bylo provedeno s použitím paží (dále jen VSS) a bez použití paží (dále jen VSB). Tato měření byla provedena v laboratořích Fakulty Tělesné Kultury, Univerzity Palackého Olomouc.

Rozcvičení

Rozcvičení bylo zařazeno před testování z důvodu přípravy organismu na výkon. Sestávalo se ze dvou částí. První část byla ve formě jízdy na bicyklovém ergometru po dobu 7 minut s postupně stoupající zátěží. Následovalo 5 minut strečinku a to jak statického, tak postupně dynamického s cílem přípravy na silový výkon.

Metody sběru dat

Unilaterální síla koncentrické kontrakce flexorů a extenzorů kolene byla měřena použitím isokinetického dynamometru ISOMED 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). Den před testováním nebyli hráči vystaveni vysokému tréninkovému zatížení. Probandi byli testováni v pozici vsedě a horní končetiny použili k držení madel podél sedadla, opěrka sedadla byla sklopena pod úhlem patnáct stupňů. Probandi byli zafixováni pásy v oblasti pánve a stehna. Ramena byla fixována ramenními opěrkami. Osa otáčení dynamometru byla shodná s osou otáčení kolenního kloubu (laterální femorální kondyl). Rameno páky dynamometru bylo zafixováno v distální části bérce, dolní okraj podložky pro kontakt s holení byl umístěn 2,5 cm nad mediálním malleolem. Nastavení sedadla bylo uloženo do paměti PC a při měření druhostranné DK bylo automaticky aktivováno. Rozsah pohybu byl 70°, přičemž výchozí poloha byla 20° flexe a konečná 90° flexe. Pro měření byly použity úhlové rychlosti 60°/s, 180°/s a 360°/s a byla aktivována gravitační korekce. Testovací protokol se skládal ze dvou sérií v každé z měřených rychlostí. V první rozcvičovací sérii provedli probandi pět recipročních kontrakcí (koncentrická kontrakce do flexe byla následována koncentrickou kontrakcí do extenze) s postupným zvyšováním intenzity. Po 30 ti

sekundovém odpočinku následovala druhá série šesti opakování s maximální intenzitou. Čas pro zotavení mezi měřeními v jednotlivých rychlostech byl 1 min. Mezi měřeními levé a pravé dolní končetiny měli hráči 3 minutový interval odpočinku. Gravitační odchylka byla počítána automaticky před každou sadou ve výchozí poloze, tj. 20° flexe kolenního kloubu. V průběhu testování byli probandi povzbuzováni k podání co nejlepšího výkonu a byla jim poskytnuta průběžná zpětná vazba ve formě křivky momentu síly na monitoru dynamometru. Výsledkem měření byla hodnota maximálního momentu síly (PT), úhel dosažení maximálního momentu síly (Amax), čas potřebný pro dosažení PT (Tmax) a maximální výkon (Pmax) při koncentrické kontrakci do flexe, resp. do extenze.

Výška vertikálního skoku z místa byla měřena za použití tenzometrické plošiny Kistler Instrumente (Winterthur, Switzerland), která měří velikost reakční síly v průběhu odrazu (ze závislosti vertikální složky reakční síly na čase je stanovena velikost silového impulzu, který slouží pro určení výšky skoku). Každý subjekt provedl tři výskoky se švihem paží a bez švihů (paže ohnuty v loktech a přiloženy k hrudníku), pro další analýzu byl vybrán nejlepší dosažený výsledek. Mezi jednotlivými skoky byl odpočinek 30 s.

4.4 Termín měření

První měření proběhlo po skončení jarního soutěžního období 21. – 23. 6. 2010. Druhé měření následovalo 13. – 15. 7. 2010, na konci přechodného a začátku letního přípravného období. Třetí měření bylo uskutečněno 5. – 6. 10. 2010, tj. v průběhu podzimního soutěžního období (po absolvování letního přípravného období).

4.5 Statistické zpracování dat

U všech sledovaných parametrů měření byla provedena základní popisná charakteristika. K posouzení vztahů mezi isokinetickou silou (PT, Pmax, Tmax) a vertikálními skoky (VSS a VSB) byl využit Spearmanův korelační koeficient. Věcně významná hodnota korelačního koeficientu pro tuto diplomovou práci byla na základě studia podobných vědeckých studií a ostatní literatury (Morrow et al., 2005; Malliou et al., 2003; Özcakar et al., 2003; Ostenberg et al., 1998; Tsiokanos, Kellis, Jamurtas & Kellis, 2002; Blackburn & Morrissey, 1998; Saliba & Chrysomallis, 2001; Iossifidou, Baltzopoulos & Giakas, 2005; Chráska, 1998) stanovena nad |0,30|. Pro statistické zpracování dat byl použit software STATISTICA 9.

5 VÝSLEDKY

Základní statistické charakteristiky u všech sledovaných parametrů jsou uvedeny v Přílohách 1-9. Všichni probandi dosahovali vyšších hodnot isokinetických proměnných v extenzi než ve flexi u dominantní i nedominantní končetiny ve všech měřeních. Sledovali jsme vztah mezi isokinetickou dynamometrií a funkčními testy ve třech obdobích RTC. Ve většině případů byly zjištěny nízké až střední hodnoty korelačních koeficientů (dále jen korelace) mezi isokinetickými proměnnými a vertikálními skoky, a to hlavně v případě extenze po ukončení soutěžního a přípravného období. Po přechodném bylo zjištěno jen minimum korelací.

5.1 Měření po ukončení soutěžního období

a) Celkové zhodnocení

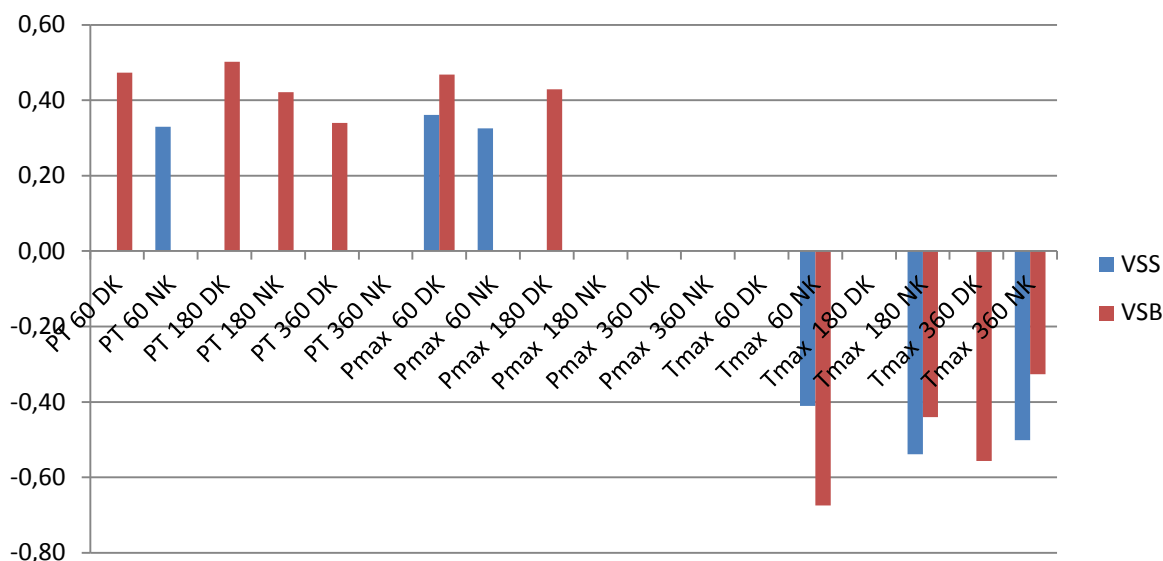
Z celkového počtu 72 možných korelací byla v 39 případech zjištěna absolutní hodnota korelace větší než $|0,30|$. Z toho bylo 16 ve flexi a 23 v extenzi (Tabulka 14). Ve flexi (Obrázek 6) byly zjištěny mezi VSS a isokinetickými proměnnými nízké až střední korelace ($r=-0,54$ až $r=0,36$). Mezi VSB a isokinetickými proměnnými taktéž nízké až střední korelace ($r=-0,67$ až $r=0,50$). V extenzi (Obrázek 7) byly zjištěny mezi isokinetickými proměnnými a VSS nízké až střední korelace ($r=0,31$ až $r=0,43$). Mezi VSB a isokinetickými proměnnými byly zjištěny nízké až vysoké korelace ($r=0,32$ až $r=0,76$).

Tabulka 14. Celkové zhodnocení počtu a hodnot korelací po ukončení soutěžního období

Flexe			Extenze		
	VSS	VSB		VSS	VSB
Počet korelací $< .30 $	6	10	Počet korelací $< .30 $	11	12
Maximum	.36	.50	Maximum	.43	.76
Minimum	-.54	-.67	Minimum	.31	.32

Vysvětlivky:

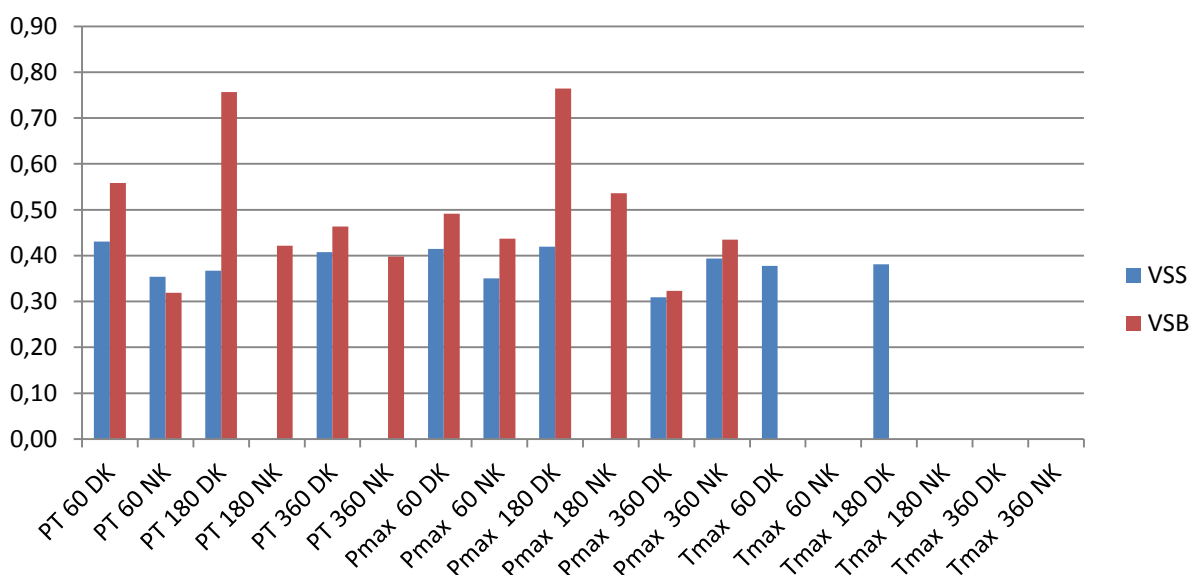
VSS – vertikální skok s pažemi; VSB – vertikální skok bez paží



Obrázek 6 Hodnoty korelací mezi isokinetickými proměnnými a výškou vertikálních skoků po skončení soutěžního období – flexe

Vysvětlivky:

PT – maximální moment síly; *Pmax* – maximální výkon; *Tmax* – čas dosažení maximální síly; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *DK* – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží



Obrázek 7. Hodnoty korelací mezi isokinetickými proměnnými a výškou vertikálních skoků po skončení soutěžního období – extenze

Vysvětlivky:

PT – maximální moment síly; *Pmax* – maximální výkon; *Tmax* – čas dosažení maximální síly; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *DK* – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

b) Maximální moment síly a vertikální skoky

Ve flexi (Tabulka 15) byla z celkového počtu šesti možných korelací, pro každý typ skoku, zjištěna jedna korelace u VSS a čtyři u VSB. Mezi PT a výškou VSS byla zjištěna nízká korelace ($r=0,33$) v rychlosti $60^\circ/s$ pouze u nedominantní končetiny. Mezi PT a VSB byly zjištěny nízké až střední korelace ve všech měřených rychlostech. V rychlosti $60^\circ/s$ byla zjištěna střední korelace ($r=0,47$) pouze u dominantní končetiny. V rychlosti $180^\circ/s$ byly zjištěny střední korelace u dominantní ($r=0,50$) i nedominantní ($r=0,42$) končetiny. V rychlosti $360^\circ/s$ byly zjištěny nízké korelace pouze u dominantní končetiny ($r=0,34$).

Tabulka 15. Spearmanův korelační koeficient mezi PT a výškou vertikálních skoků – flexe

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	< $ \cdot 30 $.47
NK 60	.33	< $ \cdot 30 $
DK 180	< $ \cdot 30 $.50
NK 180	< $ \cdot 30 $.42
DK 360	< $ \cdot 30 $.34
NK 360	< $ \cdot 30 $	< $ \cdot 30 $

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost ($^\circ/s$); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

V extenzi (Tabulka 16) z celkového počtu šesti možných korelací, pro každý typ skoku, byly zjištěny čtyři u VSS a šest korelací u VSB. Mezi PT a výškou VSS byly zjištěny nízké korelace v rychlosti $60^\circ/s$ u nedominantní končetiny ($r=0,35$) a v $180^\circ/s$ u dominantní končetiny ($r=0,37$). Střední korelace byly zjištěny v rychlostech $60^\circ/s$ ($r=0,43$), $360^\circ/s$ ($r=0,41$) vždy u dominantní končetiny. Mezi PT a VSB byly zjištěny nízké až vysoké korelace ve všech měřených rychlostech. Nízká korelace byla zjištěna pouze v rychlosti $60^\circ/s$ u nedominantní končetiny. Střední korelace byly zjištěny v rychlosti $60^\circ/s$ u dominantní končetiny ($r=0,56$), v rychlosti $180^\circ/s$ u nedominantní končetiny ($r=0,42$), v rychlosti $360^\circ/s$ u dominantní ($r=0,46$) i nedominantní končetiny ($r=0,40$). Vysoká korelace byla zjištěna pouze u dominantní končetiny v rychlosti $180^\circ/s$ ($r=0,76$).

Tabulka 16. Spearmanův korelační koeficient mezi PT a výškou vertikálních skoků – extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.43	.56
NK 60	.35	.32
DK 180	.37	.76
NK 180	< .30	.42
DK 360	.41	.46
NK 360	< .30	.40

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

c) Maximální výkon a vertikální skoky

Ve flexi (Tabulka 17) byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěny dvě korelace u VSS a dvě u VSB. Mezi Pmax a výškou VSS byly zjištěny nízké korelace v rychlosti 60°/s u dominantní ($r=0,33$) i nedominantní končetiny ($r=0,36$). Mezi Pmax a VSB byly zjištěny střední korelace v rychlosti 60°/s u dominantní končetiny ($r=0,47$) a v rychlosti 180°/s opět u dominantní končetiny ($r=0,43$).

Tabulka 17. Spearmanův korelační koeficient mezi Pmax a výškou vertikálních skoků – flexe

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.36	.47
NK 60	.33	< .30
DK 180	< .30	.43
NK 180	< .30	< .30
DK 360	< .30	< .30
NK 360	< .30	< .30

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

V extenzi (Tabulka 18) bylo z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěno pět korelací u VSS a šest u VSB. Mezi Pmax a výškou VSS byly zjištěny nízké korelace v rychlosti 60°/s u nedominantní končetiny ($r=0,35$) a v rychlosti

360°/s u dominantní ($r=0,31$) i nedominantní končetiny ($r=0,39$). Střední korelace byly zjištěny shodně u pravých končetin v rychlosti 60°/s ($r=0,41$), v rychlosti 180°/s ($r=0,42$). Mezi Pmax a VSB byly zjištěny nízké korelace v rychlosti 360°/s pouze u dominantní končetiny ($r=0,32$). Střední korelace byly zjištěny v rychlostech 60°/s u dominantní ($r=0,49$) i nedominantní končetiny ($r=0,44$), v rychlosti 180 ($r=0,54$) a v rychlosti 360°/s ($r=0,43$) shodně u levých končetin. Vysoká korelace ($r=0,76$) byla zjištěna pouze u dominantní končetiny v rychlosti 180°/s.

Tabulka 18. Spearmanův korelační koeficient mezi Pmax a výškou vertikálních skoků – extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.41	.49
NK 60	.35	.44
DK 180	.42	.76
NK 180	< .30	.54
DK 360	.31	.32
NK 360	.39	.43

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

d) Čas pro dosažení maximální síly a vertikální skoky

Ve flexi (Tabulka 19) byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěny tři u VSS a čtyři u VSB. Ve flexi byla mezi Tmax a výškou VSS zjištěna střední korelace záporných hodnot ve všech třech použitých rychlostech vždy u nedominantní končetiny. V rychlosti 60°/s ($r=-0,41$), v rychlosti 180°/s ($r=-0,54$), v rychlosti 360°/s ($r=-0,50$). Mezi Tmax a VSB byly zjištěny nízké korelace v rychlosti 360°/s u nedominantní končetiny ($r=-0,53$). Střední korelace byly zjištěny shodně u levých končetin v rychlostech 60°/s ($r=-0,67$) a v rychlosti 180°/s ($r=-0,44$). V rychlosti 360°/s byla zjištěna střední korelace jen u dominantní končetiny ($r=-0,56$).

Tabulka 19. Spearmanův korelační koeficient mezi Tmax a výškou vertikálních skoků – flexe

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	< .30	< .30
NK 60	-.41	-.67
DK 180	< .30	< .30
NK 180	-.54	-.44
DK 360	< .30	-.56
NK 360	-.50	-.33

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60,180,360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

V extenzi (Tabulka 20) byly z celkového počtu šesti možných korelací, pro každý typ skoku, zjištěny dvě u VSS a žádná u VSB. Mezi Tmax a výškou VSS byly zjištěny nízké korelace ($r=-0,38$) v rychlostech 60°/s a 180°/s u dominantní končetiny.

Tabulka 20. Spearmanův korelační koeficient mezi Tmax a výškou vertikálních skoků – extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.38	< .30
NK 60	< .30	< .30
DK 180	.38	< .30
NK 180	< .30	< .30
DK 360	< .30	< .30
NK 360	< .30	< .30

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

5.2 Měření po přechodném období

a) Celkové zhodnocení

Z celkového počtu 72 možných korelací byla ve 13 případech absolutní hodnota korelací větší než |0,30|. Z toho bylo 2 ve flexi a 23 v extenzi (Tabulka 21). Ve flexi

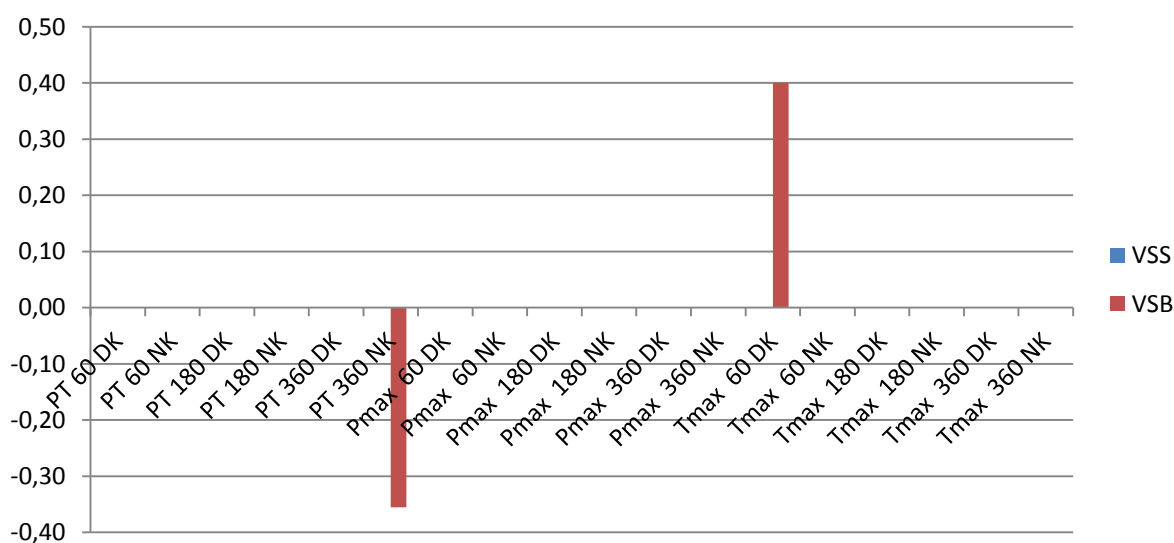
(Obrázek 8) mezi VSS a isokinetickými proměnnými nebyly zjištěny žádné signifikantní korelace. Mezi VSB a isokinetickými proměnnými byly zjištěny nízké korelace ($r=-0,31$ až $r=0,40$). V extenzi (Obrázek 9) byly zjištěny mezi VSS a isokinetickými proměnnými nízké až střední korelace ($r=0,31$ až $r=0,53$). Mezi VSB a isokinetickými proměnnými byly zjištěny nízké až střední korelace ($r=0,31$ až $r=0,57$).

Tabulka 21. Celkové zhodnocení počtu a hodnot korelací po ukončení přechodného období

Flexe			Extenze		
	VSS	VSB		VSS	VSB
Počet korelací $< .30 $	0	2	Počet korelací $< .30 $	5	6
Maximum	$< .30 $.40	Maximum	.53	.57
Minimum	$< .30 $	-.36	Minimum	.31	.31

Vysvětlivky:

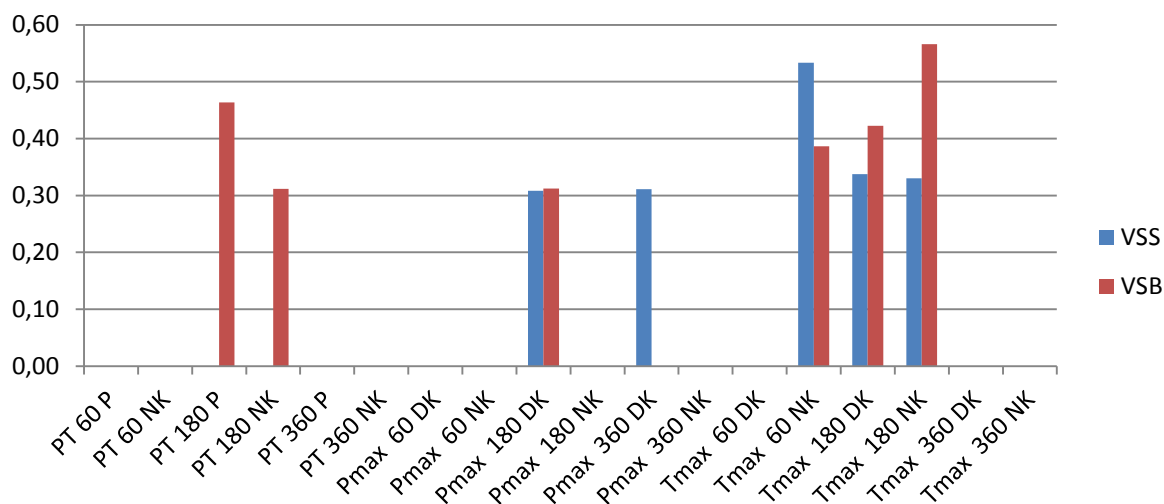
VSS – vertikální skok s pažemi; VSB – vertikální skok bez paží



Obrázek 8. Hodnoty korelací mezi isokinetickými proměnnými a výškou vertikálních skoků po skončení přechodného období – flexe

Vysvětlivky:

PT – maximální moment síly; *Pmax* – maximální výkon; *Tmax* – čas dosažení maximální síly; 60, 180, 360 – úhlová rychlost ($^{\circ}/s$); *DK* – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; VSS – vertikální skok s pažemi; VSB – vertikální skok bez paží



Obrázek 9. Hodnoty korelací mezi isokinetickými proměnnými a výškou vertikálních skoků po skončení přechodného období – extenze

Vysvětlivky:

PT – maximální moment síly; *Pmax* – maximální výkon; *Tmax* – čas dosažení maximální síly; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *DK* – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

b) Maximální moment síly a vertikální skok.

Ve flexi (Tabulka 22) nebyly zjištěny žádné signifikantní korelace mezi VSS a PT v žádné z měřených rychlostí. Mezi VSB a PT byla zjištěna pouze jedna nízká korelace z šesti možných korelací, v rychlosti 360°/s u nedominantní končetiny ($r=-0,36$).

Tabulka 22. Spearmanův korelační koeficient mezi PT a výškou vertikálních skoků – flexe

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	< .30	< .30
NK 60	< .30	< .30
DK 180	< .30	< .30
NK 180	< .30	< .30
DK 360	< .30	< .30
NK 360	< .30	-.36

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

V extenzi (Tabulka 23) nebyly zjištěny žádné signifikantní korelace mezi VSS a PT v žádné z měřených rychlostí. Mezi VSB a PT byly zjištěny dvě nízké až střední korelace z šesti možných korelací. Obě v rychlosti 180°/s u dominantní ($r=0,46$) i nedominantní končetiny ($r=0,31$).

Tabulka 23. Spearmanův korelační koeficient mezi PT a výškou vertikálních skoků - extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	< .30	< .30
NK 60	< .30	< .30
DK 180	< .30	.46
NK 180	< .30	.31
DK 360	< .30	< .30
NK 360	< .30	< .30

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

c) Maximální výkon a vertikální skoky

Ve flexi mezi Pmax a výškou vertikálních skoků nebyla zjištěna žádná signifikantní korelace. V extenzi (Tabulka 24) byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěny dvě korelace u VSS a jedna u VSB. Mezi Pmax a výškou VSS byly zjištěny shodně nízké korelace ($r=0,31$) v rychlostech 180°/s a 360°/s vždy u dominantní končetiny. Mezi Pmax a VSB byla zjištěna nízké korelace ($r=0,31$) v rychlosti 180°/s u dominantní končetiny.

Tabulka 24. Spearmanův korelační koeficient mezi Pmax výškou vertikálních skoků – extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	< .30	< .30
NK 60	< .30	< .30
DK 180	.31	.31
NK 180	< .30	< .30
DK 360	.31	< .30
NK 360	< .30	< .30

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

d) Čas dosažení maximální síly a vertikální skoky

Ve flexi byla z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěna pouze jedna nízká korelace u VSB, v rychlosti 60°/s u dominantní končetiny ($r=0,40$).

V extenzi (Tabulka 25) byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěny tři nízké až střední korelace u VSS a stejně tak tři nízké až střední korelace u VSB. Mezi Tmax a výškou VSS byly zjištěny nízké korelace v rychlostech 180°/s u dominantní ($r=0,33$) i nedominantní ($r=0,34$) končetiny. Střední korelace byly zjištěny v rychlosti 60°/s u nedominantní končetiny ($r=0,53$). Mezi Tmax a výškou VSB byly zjištěny nízké korelace rychlosti 60°/s ($r=0,39$) až $r=0,57$). Střední korelace byly zjištěny v rychlosti 180°/s u dominantní ($r=0,42$) i nedominantní končetiny ($r=0,57$) končetiny.

Tabulka 25. Spearmanův korelační koeficient mezi Tmax výškou vertikálních skoků – extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	< .30	< ± 0.30
NK 60	-.41	-.67
DK 180	< .30	< .30
NK 180	-.54	-.44
DK 360	< .30	-.56
NK 360	-.50	-.33

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

5.3 Měření po začátku soutěžního období

a) Celkové zhodnocení

Z celkového počtu 72 možných korelací bylo zjištěno celkem 33 korelací větších než $\pm 0,30$ z toho 8 ve flexi a 25 v extenzi (Tabulka 26). Ve flexi (Obrázek 10) byly zjištěny mezi VSS a isokinetickými proměnnými nízké až střední korelace ($r=0,36$ až

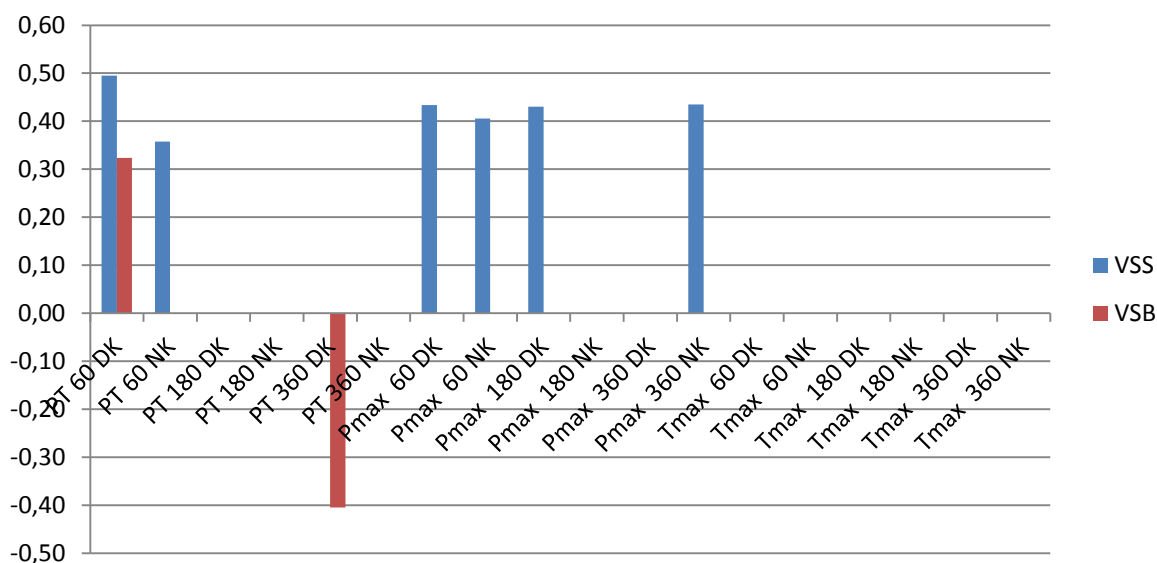
$r=0,50$). Mezi isokinetickými proměnnými a VSB byly zjištěny nízké až střední korelace ($r=0,32$ až $r=-0,40$). V extenzi (Obrázek 11) byly zjištěny mezi isokinetickými proměnnými a VSS nízké až střední korelace ($r=0,32$ až $r=0,65$). Mezi VSB a isokinetickými proměnnými byly zjištěny nízké až vysoké korelace ($r=0,33$ až $r=0,70$).

Tabulka 26. Celkové zhodnocení počtu a hodnot korelací po začátku soutěžního období

Flexe			Extenze		
	VSS	VSB		VSS	VSB
Počet korelací $< .30 $	6	2	Počet korelací $< .30 $	13	12
Maximum	.50	.32	Maximum	.65	.70
Minimum	.36	-.40	Minimum	.32	.33

Vysvětlivky:

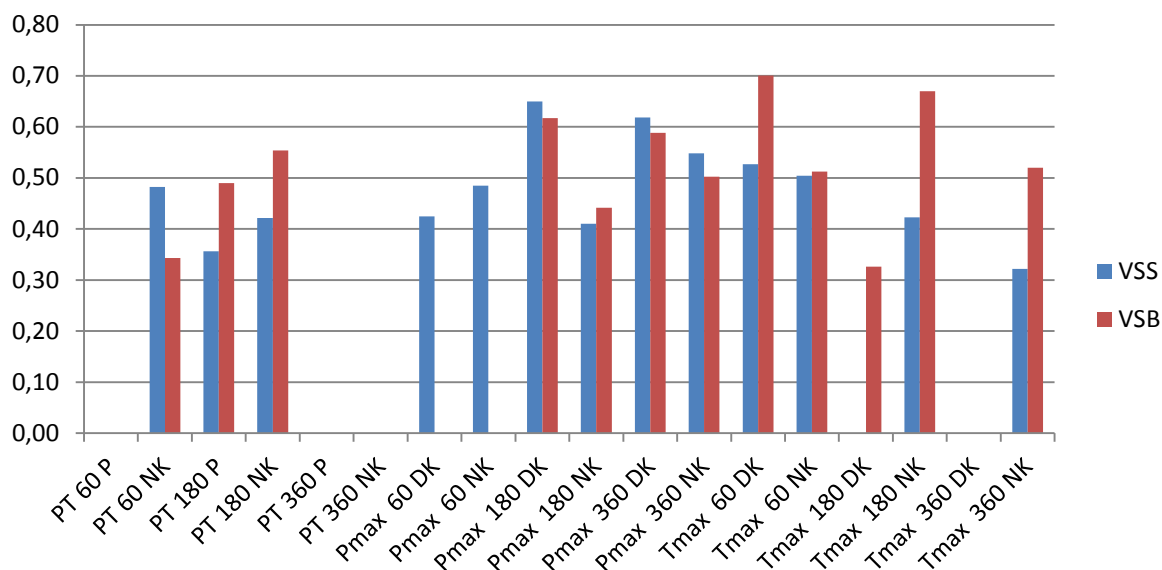
VSS – vertikální skok s pažemi; VSB – vertikální skok bez paží



Obrázek 10. Hodnoty korelací mezi isokinetickými proměnnými a výškou vertikálních skoků po začátku soutěžního období – flexe

Vysvětlivky:

PT – maximální moment síly; Pmax – maximální výkon; Tmax – čas dosažení maximální síly; 60, 180, 360 – úhlová rychlost ($^{\circ}/s$); DK – dominantní končetina; NK – nedominantní končetina; VSS – vertikální skok s pažemi; VSB – vertikální skok bez paží



Obrázek 11. Hodnoty korelací mezi isokinetickými proměnnými a výškou vertikálních skoků po začátku soutěžního období – extenze

Vysvětlivky:

PT – maximální moment síly; *Pmax* – maximální výkon; *Tmax* – čas dosažení maximální síly; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *DK* – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

b) Maximální moment síly a vertikální skok.

Ve flexi byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěny dvě korelace u VSS a stejně tak dvě u VSB (Tabulka 27). Mezi PT a výškou VSS byly zjištěny korelace jen u rychlosti 60°/s. Nízká korelace u nedominantní končetiny ($r=0,36$) a střední korelace u dominantní končetiny ($r=0,50$). Mezi PT a VSB byly zjištěny nízké korelace pouze v 60°/s u dominantní končetiny ($r=0,32$) a střední záporné korelace pouze v 360°/s opět u dominantní končetiny ($r=-0,40$).

Tabulka 27. Spearmanův korelační koeficient mezi PT a výškou vertikálních skoků – flexe

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.50	.32
NK 60	.36	< .30
DK 180	< .30	< .30
NK 180	< .30	< .30
DK 360	< .30	-.40
NK 360	< .30	< .30

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

V extenzi (Tabulka 28) byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěny tři korelace u VSS a tři u VSB. Mezi PT a výškou VSS byla zjištěna nízká korelace v rychlosti 180°/s u dominantní končetiny ($r=0,36$). Střední korelace byly zjištěny v rychlosti 60°/s u nedominantní končetiny ($r=0,48$) a v rychlosti 180°/s opět u nedominantní končetiny ($r=0,42$). Mezi PT a VSB byla zjištěna nízká korelace ($r=0,34$) v rychlosti 60°/s u nedominantní končetiny. Střední korelace byly zjištěny v rychlosti 180°/s u dominantní ($r=0,49$) i nedominantní končetiny ($r=0,55$).

Tabulka 28. Spearmanův korelační koeficient mezi PT a výškou vertikálních skoků – extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	< .30	< .30
NK 60	.48	.34
DK 180	.36	.49
NK 180	.42	.55
DK 360	< .30	< .30
NK 360	< .30	< .30

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

c) Maximální výkon a vertikální skok

Ve flexi (Tabulka 29) byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku, zjištěny pouze čtyři korelace u VSS. U VSB nebyly zjištěny žádné

signifikantní korelace. Mezi Pmax a výškou VSS byly zjištěny střední korelace ve všech třech použitých rychlostech. V rychlosti 60°/s u dominantní (r=0,43) i nedominantní končetiny (r=0,41), v rychlosti 180°/s u dominantní končetiny (r=0,43), v rychlosti 360°/s u nedominantní končetiny (r=0,43).

Tabulka 29. Spearmanův korelační koeficient mezi Pmax a výškou vertikálních skoků – flexe

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.43	< .30
NK 60	.41	< .30
DK 180	.43	< .30
NK 180	< .30	< .30
DK 360	< .30	< .30
NK 360	.43	< .30

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

V extenzi (Tabulka 30) bylo z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěno šest korelací u VSS a čtyři u VSB. Mezi Pmax a výškou VSS byly zjištěny střední korelace ve všech třech použitých rychlostech u obou dolních končetin. V rychlosti 60°/s u dominantní (r=0,42), nedominantní (r=0,48). V rychlosti 180°/s u dominantní (r=0,65), nedominantní (r=0,41). V rychlosti 360°/s u dominantní (r=0,62), nedominantní (r=0,55). Mezi Pmax a VSB byly zjištěny střední korelace v rychlostech 180°/s a 360°/s. V rychlosti 180°/s u dominantní (r=0,62), nedominantní (r=0,48). V rychlosti 360°/s u dominantní (r=0,59) a u nedominantní končetiny (r=0,50).

Tabulka 30. Spearmanův korelační koeficient mezi Pmax a výškou vertikálních skoků – extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.42	< .30
NK 60	.48	< .30
DK 180	.65	.62
NK 180	.41	.44
DK 360	.62	.59
NK 360	.55	.50

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

d) Čas pro dosažení maximální síly a vertikální skok

Ve flexi mezi Tmax a výškou vertikálních skoků nebyla zjištěna žádná signifikantní korelace.

V extenzi (Tabulka 31) byly z celkového počtu šesti možných korelací pro každý typ skoku zjištěny čtyři korelace u VSS a pět korelací u VSB. Mezi Tmax a výškou VSS byly v rychlosti 60°/s byly zjištěny střední korelace u dominantní ($r=0,53$) i nedominantní končetiny ($r=0,50$). V rychlosti 180°/s byla zjištěna střední korelace pouze u nedominantní končetiny ($r=0,42$). V rychlosti 360°/s byla zjištěna nízká korelace opět pouze u nedominantní končetiny ($r=0,32$). Mezi Tmax a VSB byla v rychlosti 60°/s zjištěna vysoká korelace u dominantní končetiny ($r=0,70$) a střední korelace ($r=0,51$) u nedominantní končetiny. V rychlosti 180°/s byly zjištěny nízké korelace u dominantní končetiny ($r=0,33$) a střední u nedominantní ($r=0,67$). V rychlosti 360°/s byla zjištěna střední korelace pouze u nedominantní končetiny ($r=0,52$).

Tabulka 31. Spearmanův korelační koeficient mezi Tmax a výškou vertikálních skoků - extenze

Proměnná	VSS	VSB
DK 60	.53	.70
NK 60	.50	.51
DK 180	< .30	.33
NK 180	.42	.67
DK 360	< .30	< .30
NK 360	.32	.52

Vysvětlivky:

DK – dominantní končetina; *NK* – nedominantní končetina; 60, 180, 360 – úhlová rychlost (°/s); *VSS* – vertikální skok s pažemi; *VSB* – vertikální skok bez paží

6 DISKUZE

6.1 Diskuze k výsledkům měření isokinetické síly a vertikálních skoků s ohledem na RTC

V naší práci jsme se zaměřili na ověření vztahu mezi výsledky isokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu a výsledky vertikálního skoku u adolescentních fotbalistů. Především jsme chtěli posoudit změny uvedeného vztahu ve třech obdobích RTC. Z hlediska interpretace výsledků vztahu je nezbytné vzít v úvahu, že se jedná o odlišné typy pohybů, a to uzavřený kinematický řetězec (vertikální skok) a otevřený kinematický řetězec (isokinetická flexe, respektive extenze kolenního kloubu).

Hlavním zjištěním naší práce bylo, že se objevují nízké až střední korelace (výjimečně vysoké) mezi charakteristikami isokinetické síly a výškou vertikálních skoků a že počet i velikost korelací se v jednotlivých tréninkových obdobích RTC liší. Zjištěné výsledky a analýza tréninkového zatížení v průběhu RTC naznačují, že nízké resp. žádné korelace po přechodném období jsou způsobeny výrazným deficitem specifických fotbalových cvičení, oproti soutěžnímu či přípravnému období.

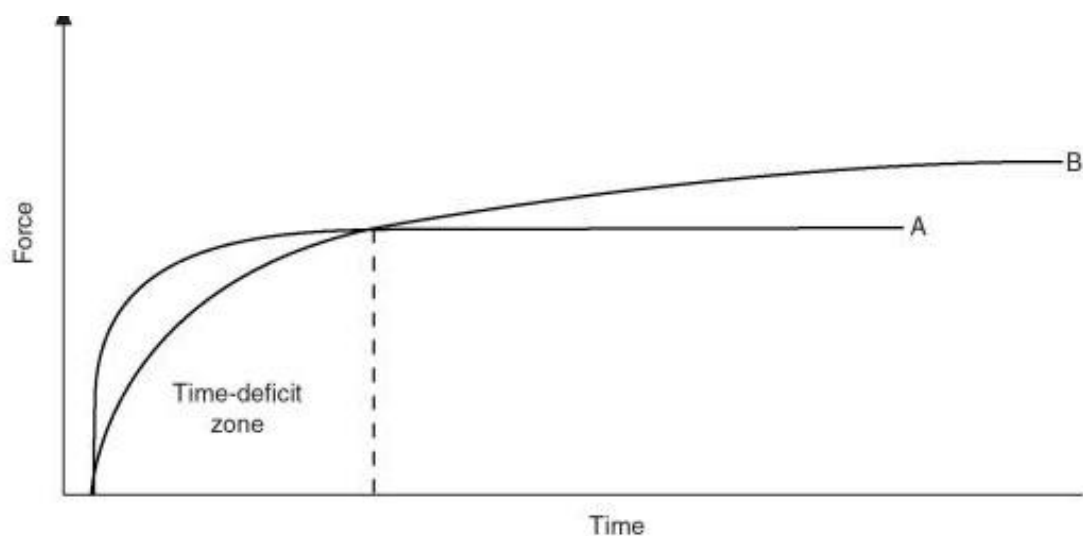
Porovnáme-li četnost jednotlivých korelací a jejich sílu v extenzi a flexi, je zřejmé, že více a vyšší korelace jsou u extenze a to u všech tří sledovaných období. Tuto skutečnost odůvodňujeme významným zapojením čtyřhlavého svalu stehenního v odrazové fázi vertikálního skoku (provádí extenzi v koleni a flexi v kyčli). Naopak dvojhlavý sval stehenní sehrává důležitou úlohu jako antagonist a zajišťuje flexi v koleni (Haník & Lehnert et al., 2004; Whiting & Rugg, 2006).

Ve flexi bylo nejvíce korelací zjištěno po skončení soutěžního období. Nejvyšší zjištěné korelace byly mezi Tmax a vertikálními skoky ($r=-0,33$ až $r=-0,67$). Uvedený vztah již ale nebyl zjištěn v období po přípravě. Vysvětlení tohoto jevu nám není zcela známé.

Důvodem negativních hodnot korelací mezi Tmax a vertikálními skoky ve flexi by mohlo být zlepšení nárůstu explozivní síly v čase od započetí pohybu (Zatsiorsky &

Kreamer, 2006); (Obrázek 12). Toto objasnění má ale, podle našeho názoru, opodstatnění pouze u extenzorů, jako hlavních svalových skupin, které se podílejí na odrazu při vertikálním skoku. Navíc by se dalo předpokládat, že síla záporného vztahu bude vyšší v, resp. po obdobích používání silového tréninku a specifických kondičních cvičení, což naše výsledky nepotvrdily.

Obrázek 12. Průběh síly a času potřebného pro jeho dosažení. Při dostatku času pro vyvinutí síly je silnější atlet B. Pokud je času nedostatek, silnější je atlet A (Zatsiorsky & Kreamer, 2006, upraveno).



Na základě zjištěných informací, často i protichůdných, můžeme přisuzovat datům naměřeným ve flexi malý význam pro tuto studii. K podobným závěrům dospěli pravděpodobně i ostatní autoři, zabývající se touto tematikou, jelikož se nám nepodařilo nalézt žádné studie, které by se zabývaly vztahy isokinetické síly flexorů s jinými proměnnými. Dále se proto budeme v diskuzi zabývat jen hodnotami naměřenými v extenzi.

V extenzi byly námi zjištěné vztahy isokinetické síly a vertikálního skoku v jednotlivých obdobích RTC podobné výsledkům Malliou et al. (2003). Autor ve své práci uvádí shodně nízké až střední korelace po ukončení soutěžního a přípravného období a žádné, resp. velmi nízké korelace po přechodném období. Tuto skutečnost připisujeme ve shodě s Malliou et al. slabšímu působení neuromuskulárních faktorů v důsledku deficitu specifických cvičení pro fotbal. Ty zahrnují prvky skoků, kopů a silového tréninku v jednotlivých tréninkových jednotkách v soutěžním a přípravném

období. Rovněž Inklaar ve své studii (1994) poukazuje na nižší neuromuskulární řízení pohybů během přechodného období v důsledku nespecifického tréninku, což je podle autora příčinou většího počtu zranění během tohoto období.

6.2 Diskuze k výsledkům měření isokinetické síly a vertikálních skoků bez ohledu na RTC

Pro provedení diskuze je nutné vzít v úvahu, že pokud je nám známo, v publikovaných pracích nebyla, až na práci Malliou et al. (2003), řešena problematika dynamiky vztahů mezi výsledky uvedených testů s ohledem na období RTC. V ostatních pracích zabývajících se vztahem mezi isokinetickými a funkčními testy scházela informace, v jakém období bylo měření provedeno, Z pohledu tří měření v průběhu RTC sledované skupiny hráčů fotbalu jsme získali rozdílná data pro každé období RTC a v použitých rychlostech. Proto budou výsledky provedených studií použité v následné diskuzi vztaženy k výsledkům všech tří provedených měření a jen v případě aktuálnosti bude upřesněno, se kterým obdobím RTC se zmíněné hodnoty korelací shodují.

Nízké až střední korelace mezi isokinetickou silou (v rychlostech 60°/s a 240°/s) a funkčními testy, které zahrnovaly i vertikálními skoky zjistili Özcakar et al. (2003). Podobně jako v naší práci, našli zmínění autoři nízké až střední korelace mezi PT extenzorů kolene a výškou vertikálních skoků u obou dolních končetin, ale mezi PT flexorů nenašli žádné signifikantní korelace.

Ostenberg et al. (1998) nezjistil v rychlosti 60°/s žádné signifikantní korelace mezi isokinetickou silou extenzorů a vertikálními skoky, což je ve shodě s naší prací pouze po ukončení přechodného období. Naproti tomu v rychlosti 180°/s byly autorem zjištěny korelace ve shodě s našimi výsledky v průběhu všech tří období. Avšak k takovým to korelacím dospěl autor po započítání faktorů tělesného složení. Tuto skutečnost autor vysvětluje tak, že tělesná výška, váha a věk mohou ovlivnit výsledky testování ve smyslu, že vyšší subjekt může například skočit dál či výše, než subjekt s menším tělesným vzrůstem.

Podobně jako v naší práci zjistil Kovalski et al. (2001) nízké korelace mezi isokinetickou silou (PT) extenzorů kolenního kloubu (měřenou jen v rychlosti 60°/s) a výškou vertikálních skoků, které byly provedeny jednož. Tuto skutečnost můžeme zdůvodnit ve shodě s Kovalski et al. rozdíly mezi testy v uzavřeném a otevřeném kinematickém řetězci. Rovněž Blackburn a Morrisey (1998) nezjistili žádné signifikantní korelace mezi isokinetickou silou kolenních extenzorů v otevřeném kinematickém řetězci a výškou vertikálního skoku. Oproti tomu mezi isokinetickou silou kolenních extenzorů v uzavřeném kinematickém řetězci (legpress) a výškou vertikálního skoku zjistili střední až vysoké korelace. Naopak Kovalski et al. (2001) zjistil jen velmi nízké korelace mezi isokinetickou silou měřenou legpressem a výškou vertikálních skoků. Rovněž Blackburn a Morrisey (1998) spatřují příčiny nízkých korelací ve faktu, že isokinetická dynamometrie, především jednokloubové pohyby, je vzhledem k časoprostorově-kinematické stránce pohybu vzdálena specifickým pohybům, jako je odkop či vertikální skok.

Korelace mezi délkou odkopnutí míče, vertikálními skoky a isokinetickou silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu zkoumali v roce 2001 Saliba a Hrysomallis u hráčů australského fotbalu. Autoři dospěli k podobným výsledkům jako v naší studii. Zjistili nízké až střední korelace mezi isokinetickou silou a vertikálními skoky, ale žádné signifikantní korelace mezi délkou odkopnutí míče a isokinetickou silou. Nejvyšší korelace byly zjištěny, stejně jako u naší práce, při nezapočítání tělesné hmotnosti v rychlostech 240°/s ($r=0,69$) a 360°/s ($r=0,59$) u extenzorů kolene. O něco nižší korelace zjistili u flexorů v rychlosti 60°/s ($r=0,55$).

Výsledky naší práce nejsou ve shodě výsledky práce Iossifidou, Baltzopoulos a Giakas (2005). Zmínění autoři zjistili zvyšující se velikost korelací mezi výkonem při vertikálním skoku a výkonem při isokinetické dynamometrii v závislosti na zvyšující se úhlové rychlosti isokinetického pohybu. Výsledky autoři zdůvodňují tím, že isokinetická dynamometrie není schopna měřit sílu flexorů a extenzorů kolena v takových úhlových rychlostech, jaké jsou reálně při odkopu či vertikálním skoku. V naší studii se ukázala jako nejvíce využitelná rychlost 180°/s téměř pro všechny proměnné ve všech třech obdobích shodně s Tsiokanos, Kellis, Jamurtas et al. (2002). Autoři zjistili střední korelace mezi isokinetickou silou a vertikálními skoky a nejvyšší právě v rychlosti 180°/s pro stejné typy skoků jako v naší práci. Vysoké korelace byly zjištěny mezi isokinetickou silou a vertikálními skoky ve všech měřených rychlostech

(60, 120 a 180°/s) poté, co místo započítání výšky vertikálního skoku bylo použita práce provedena při vertikálním skoku.

Hladina korelací v naší práci byla u sledovaného souboru celkově nižší ve všech třech obdobích u všech sledovaných proměnných, než většina výše zmíněných prací. Podobně tomu bylo také u absolutních hodnot, kterých testování probandi dosáhli u isokinetické dynamometrie vertikálních testů (Příloha 1–9).

Limity celého výzkumu spatřujeme v malém počtu osob v souboru a v počtu sledovaných proměnných. To se týká jak isokinetické dynamometrie, tak funkčních testů. Isokinetická dynamometrie nabízí mnoho dalších variant proměnných, jako je práce (W) nebo relativní hodnoty se započítáním tělesné hmotnosti. Poté mohou být výsledky naprosto rozdílné, shodně jako ve studii Ostenberg et al. (1998). Podobným problémem by stálo za to se zabývat i u funkčních testů, kde existuje velká nejednotnost z hlediska typů testů i formy jejich provádění.

7 ZÁVĚRY

1. V průběhu ročního tréninkového cyklu byly zjištěny nízké až střední korelace mezi výsledky isokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu a výsledky vertikálního skoku.

2. Korelace, stejně jako počet korelací vyšších jak $|,30|$, se lišily v jednotlivých obdobích RTC. Po skončení soutěžního a přípravného období jsme zjistili nárůst počtu i síly vztahů, po přechodném období jejich pokles, a to u flexe i extenze.

3. Nejvyšší korelace mezi isokinetickou silou a vertikálními skoky byly zjištěny v rychlosti 180/s po skončení soutěžního období u dominantní dolní končetiny u hodnot PT, Pmax a VSB.

4. Většina významných korelací mezi isokinetickými proměnnými a výškou vertikálních skoků byla zjištěna v extenzi, ve všech použitých rychlostech a v průběhu celého RTC.

5. Nejvyššího počtu a zároveň nejvyšších korelací u všech proměnných v průběhu celého RTC, bylo dosaženo při rychlosti 180°/s.

6. V porovnání s relevantními literárními údaji byla námi zjištěná hladina korelací u sledovaného souboru nižší ve všech třech obdobích u všech sledovaných proměnných.

8 SOUHRN

Cílem této diplomové práce bylo posoudit vztah isokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu a výšky vertikálních skoků u fotbalistů dorostenecké kategorie. Testování bylo provedeno na isokinetickém dynamometru ISOMED 2000 a tenzometrické plošině Kistler.

Jelikož je síla jedním z hlavních faktorů herního výkonu hráče ve fotbale, v úvodní části je přehled teoretických poznatků z oblasti síly po stránce anatomicko-fyziologické. Dále jsou uvedeny teoretické poznatky o sportovním tréninku ve fotbale, jeho periodizaci, řízení a kontrole trénovanosti, se zaměřením na diagnostiku silových schopností s využitím isokinetické dynamometrie a jejího vztahu s funkčními testy.

Ve výzkumné části je zahrnut popis metodiky získávání a následné analýzy naměřených dat. Výzkumný soubor byl tvořen 16ti hráči klubu SK Sigma Olomouc (průměrný věk $16,7 \pm 0,7$ let). K isokinetickým měřením síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu byly použity úhlové rychlosti $60^\circ/s$, $180^\circ/s$ a $360^\circ/s$ na obou dolních končetinách. Vertikální skoky byly provedeny s použitím paží a bez použití paží. Testování proběhlo po skončení jarního soutěžního období, po skončení přechodného období a v započatém podzimním soutěžním období. Získané výsledky byly zpracovány Spearmanovým korelačním koeficientem.

Korelace, stejně jako počet korelací vyšších jak $|,30|$, se lišily v jednotlivých obdobích RTC. Byly zjištěny nízké až střední korelace po soutěžním a přípravném období a nízké, resp. žádné po přechodném období RTC. Ze zjištěných korelací vyplývá, že síla i počet korelací v extenzi převyšovaly hodnoty ve flexi u všech proměnných v průběhu celého RTC.

9 SUMMARY

The aim of this thesis is to determine the relationship between isokinetic strength of the knee flexors and extensors in adolescent soccer players. The testing was performed on the isokinetic dynamometer ISOMED 2000 and Kistler jumping mat.

Whereas, strength is one of the main factors of soccer player's performance, introductory part includes an overview of theoretical knowledge of strength from anatomical and physiological point of view, sport training in soccer, periodization and diagnostic methods with using isokinetic dynamometry and functional tests.

Research part involves description of methodology and data analyses. The research group was made by 16 players of SK Sigma Olomouc (the average age 16.7 ± 0.7). For isokinetic dynamometry were used three angular velocities 60, 180 and 360°/s on both lower extremities. Vertical jumps were made with and without using arms. Testing was proceeding at the end of the competition period, after the detraining period and after the completion of the preparatory period. Spearman product moment correlation analyses were conducted to determine the relationship between isokinetic dynamometry and jumping parameters.

The correlations and number of correlations greater than $|\cdot 30|$ were different in each period. Fairly to moderately correlations were found after completion of competition and preparatory period, and low, resp. unremarkable after detraining period. From total overview of correlations results that correlations and number of correlations were higher in extension than in flexion in whole year training cycle.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alberts, B. et al. (1998). *Základy buněčné biologie. Úvod do molekulární biologie buňky*. Ústí nad Labem: Espero Publishing
- Blackburn, J. R., & Morrissey, M. C. (1998). The Relationship Between open and Closed Kinetic Chain Strength of th Lower Limb and Jumping Performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(6), 430-435.
- Boyle, M. (2004). *Functional training for sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Čelikovský, S., Blahuš, P., Chytráčková, J., Kasa, J., Kohoutek, M., Kovář, R., Měkota, K., Stráňai, K., Štěpnička, J., & Zaciorskij, V. M. (1979). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: SPN.
- Chan, K.-M., & Maffulli, N. (1996). *Principles and Practise of Isokinetics in Sport Medicine and Rehabilitation*. Hong Kong: William & Wilkins Asia-Pacific Ltd.
- Chráška, M. (1988). *Empirická pedagogická šetření a jejich statistické vyhodnocování*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie I*. Praha: Grada.
- Dauty, M., Potiron - Jose, M., & Rochcongar, P. (2003). Identification of previous hamstring injuries by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 11(3), 139-144.
- DeStaso, J., Kaminski, T. W., & Perrin, D. H. (1997). Relationship between drop vertical jump heights and isokinetic measures utilizing the stretch-shortening cycle. *Isokinetic and Exercise*, 6, 175-179.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Vránová, j., a další. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.

- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Rychtecký, A., Havlíčková, L., & Perič, T. (2008). *Lexikon sportovního tréninku*. Praha: Karolinum.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics. Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications, second edition*. London: Elsevier Health Science.
- Dylevský, I. (1996). *Funkční anatomie pohybového systému Obecná anatomie*. Praha: Univerzita Karlova.
- Ekblom, B. (1994). *Football*. Blackwell: Scientific Publication.
- Frank, G. (2006). *Fotbal 96 tréninkových programů*. Praha: Grada.
- Gibilisco, S. (2009). *Statistika bez předchozích znalostí*. Brno: Computer Press.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Haník, Z., & Lehnert, M. (2004). *Volejbal 1 – Herní dovednosti a kondice v tréninku mládeže*. Praha: Český volejbalový svaz.
- Heyward, V. H. (2006). *Advanced fitness assessment and exercise prescription*. Human Kinetics.
- Inklaar, H. (1994). Soccer injuries. II: Aetiology and prevention. *Sports Med. Aug; 18(2)*, 81-93.
- Iossifidou, A., Baltzopoulos, V., & Giakas, G. (2005). Isokinetic knee extension and vertical jumping: Are they related? *Journal of Science*, *23(10)*, 1121-1127.
- Jansa, P., & Dovalil, J. (2007). *Sportovní příprava - Vybrané teoretické obory*. Praha: Kleník Bořivoj PhDr – Q-art.

- Kovaleski, J. E., Heitman, R. J., Andrew, D. P., Gurchiek, L. R., & Pearsall IV, A. W. (2001). Relationship between closed-linear-kinetic and open-linear-kinetic-chain isokinetic strength and lower extremity functional performance. *Journal of Sport Rehabilitation, 10*(3), 196-204.
- Krištofič, J. (2007). *Kondiční trénink, 207 cvičení s medicinbaly, expandery a aerobary*. Havlíčkův Brod: Grada.
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T. & Croisier, J. NK. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport, 19*(2), 243-251.
- Lehnert, M., (2007). *Současné směry teorie a praxe sportovního tréninku*. Habilitační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Malliou, P., Ispirlidis, I., Beneka, A., Taxildaris, K., & Godolias, G. (2003). Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of the training period. *Isokinetic and Exercise Science, 11*(3), 165-169.
- McGinnis, P. M. (2005). *Biomechanics of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pobybové dovednosti - činnosti - výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Milton, S. J. (1992). *Statistical methods in the biological and health sciences*. McGraw-Hill.
- Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J. G., & Mood, D. P. (2005). *Measurement and Evaluation in Human Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottenrott, K. (2005). *Trénink pod kontrolou*. Praha: Grada.
- Neumann, J. (2003). *Cvičení a testy obratnosti, vytrvalosti a síly*. Praha: Portál.

- Newman, M. A. (2004). Relationship between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 867-872.
- Östenberg, A., Roos, E., Ekdahl, C., & Roos, H. (1998). Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 8(5), 257-264. Retrieved 28. 1. 2010 from PUBMED database on the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Isokinetic%20knee%20extensor%20strength%20and%20functional%20performance%20in%20healthy%20female%20soccer%20players>
- Özçakar, L., Kunduracıoğlu, B., Cetin, A., Ülkar, B., Guner, R., & Hascelik, Z. (2003). Comprehensive isokinetic knee measurements and quadriceps tendon evaluations in footballers for assessing functional performance. *Sports Medicine*, 37(6), 507-510.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Havlíčkův Brod: Grada.
- Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic exercise and assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Perrin, D. H., Lephart, S. M., & Weltman, A. (1989). Specificity of Training on Computer Obtained Isokinetic Measures. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy* 10(12), 495 - 498.
- Perrine, J., & Edgerton, V. (1977). *Isokinetic anaerobic ergometry*. Los Angeles: UCLA.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2002). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal kondiční trénink*. Havlíčkův Brod: Grada.
- Saliba, L., & Hrysomallis, C. (2001). Isokinetic Strength Related to Jumping but not kicking performance of Australian Footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(3), 336 - 347. Retrieved 12. 2. 2010 from PUBMED database on the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11702920>

- Thorstensson, A., Brimby, F., & Karlsson, J. (1976). Force velocity relations and fibre composition in human knee extensor muscle. *Journal of Applied Physiology*, 40(1), 12-16.
- Tsiokanos, A., Kellis, E., Jamurtas, A., & Kellis, S. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *Isokinetic and Exercise Science*, 10(1), 107-115.
- Votík, J. (2001). *Trener fotbalu "B" licence (učební texty pro vzdělávání fotbalových trenérů)*. Praha: Olympia.
- Whiting, W. C., & Rugg, S. (2006). *Dynatomy: Dynamic Human Anatomy*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Zatsiorsky, V. M., & Kremer, W. J. (2006). *Science and practise of strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

11 SEZNAM PŘÍLOH

1. Peak torque (Nm) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení soutěžního období – základní statistické charakteristiky (n=16)
2. Peak torque (Nm) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přechodného období – základní statistické charakteristiky (n=16)
3. Peak torque (Nm) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přípravného období – základní statistické charakteristiky (n=16)
4. Pmax (Wat) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení soutěžního období – základní statistické charakteristiky (n=16)
5. Pmax (Wat) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přechodného období – základní statistické charakteristiky (n=16)
6. Pmax (Wat) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přípravného období – základní statistické charakteristiky (n=16)
7. Čas dosažení maximální hodnoty (Tmax) peak torque (milisekundy) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení soutěžního období (n=16).
8. Čas dosažení maximální hodnoty (Tmax) peak torque (milisekundy) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přechodného období (n=16).
9. Čas dosažení maximální hodnoty (Tmax) peak torque (milisekundy) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přechodného období (n=16)

Příloha 1. Peak torque (Nm) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení soutěžního období – základní statistické charakteristiky (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	118,37	120,50	78,00	148,00	19,47
DK E 60	221,15	217,50	142,00	276,00	38,56
NK F 60	114,93	117,50	85,00	138,00	15,46
NK E 60	194,81	165,50	96,00	259,00	38,75
DK F 180	98,12	96,50	61,00	135,00	20,97
DK E 180	151,48	155,50	106,00	194,70	23,93
NK F 180	95,00	10,50	52,00	120,00	20,42
NK E 180	144,43	138,50	118,00	180,00	21,33
DK F 360	73,56	69,50	31,00	112,00	24,26
DK E 360	112,31	112,00	54,00	153,00	27,25
NK F 360	70,68	76,50	24,00	114,00	26,32
NK E 360	105,00	101,50	55,00	165,00	32,32

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 2. Peak torque (Nm) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přechodného období – základní statistické charakteristiky (n-16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	122,12	119,50	82,00	163,00	20,89
DK E 60	203,86	201,90	144,00	267,00	35,43
NK F 60	118,25	122,00	82,00	151,00	22,20
NK E 60	158,25	190,00	101,00	244,00	36,47
DK F 180	108,25	106,00	82,00	133,00	14,75
DK E 180	152,93	159,50	114,00	184,00	20,82
NK F 180	102,90	106,50	61,00	138,00	22,46
NK E 180	143,25	145,00	103,00	166,00	18,47
DK F 360	83,50	90,50	30,00	123,00	26,44
DK E 360	110,93	112,50	30,00	144,00	30,46
NK F 360	93,68	96,00	52,00	127,00	20,06
NK E 360	116,54	118,00	82,00	150,00	17,84

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 3. Peak torque (Nm) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přípravného období – základní statistické charakteristiky (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	129,93	132,50	97,00	183,00	23,88
DK E 60	207,12	215,00	133,00	261,00	35,19
NK F 60	124,43	128,00	87,00	156,00	22,72
NK E 60	194,68	201,00	144,00	256,00	31,83
DK F 180	111,62	110,00	79,00	154,00	17,48
DK E 180	157,37	162,50	123,00	180,00	18,75
NK F 180	114,45	119,00	85,00	153,00	18,89
NK E 180	150,62	150,50	121,00	180,00	18,96
DK F 360	92,30	93,50	52,00	132,00	22,75
DK E 360	120,87	128,00	51,00	147,00	24,16
NK F 360	96,56	98,00	39,00	126,00	23,49
NK E 360	122,25	113,50	55,00	156,00	28,08

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 4. Pmax (Wat) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení soutěžního období – základní statistické charakteristiky (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	86,25	87,5	58,00	117,00	15,44
DK E 60	140,75	143,00	97,00	193,00	28,14
NK F 60	84,43	85,00	60,00	102,00	13,04
NK E 60	135,93	133,00	96,00	183,00	24,39
DK F 180	141,00	141,00	78,00	187,00	31,52
DK E 180	230,93	227,50	166,00	313,00	38,56
NK F 180	135,87	147,50	57,00	174,00	34,86
NK E 180	225,93	230,00	151,00	313,00	44,38
DK F 360	127,00	127,00	31,00	229,00	52,53
DK E 360	227,56	22,00	90,00	340,00	66,42
NK F 360	123,56	138,00	18,00	195,00	54,33
NK E 360	213,75	216,00	97,00	343,00	66,37

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 5. Pmax (Wat) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přechodného období – základní statistické charakteristiky (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	90,06	88,50	57,00	117,00	15,04
DK E 60	142,43	138,50	106,00	199,00	23,87
NK F 60	88,56	86,00	57,00	117,00	17,51
NK E 60	131,43	129,50	100,00	168,00	22,25
DK F 180	162,12	162,00	109,00	216,00	30,45
DK E 180	245,18	244,50	178,00	313,00	40,49
NK F 180	156,87	156,50	81,00	235,00	40,45
NK E 180	227,18	234,00	123,00	274,00	39,97
DK F 360	155,37	171,50	25,00	250,00	62,50
DK E 360	232,87	240,50	37,00	331,00	77,81
NK F 360	171,37	189,00	81,00	265,00	49,70
NK E 360	237,93	246,00	163,00	301,00	38,82

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 6. Pmax (Wat) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přípravného období – základní statistické charakteristiky (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	98,00	97,50	73,00	135,00	16,52
DK E 60	146,56	154,00	108,00	190,00	22,88
NK F 60	93,00	96,50	49,00	124,00	21,23
NK E 60	134,37	140,50	90,00	181,00	26,12
DK F 180	159,87	167,50	15,00	246,00	51,13
DK E 180	244,43	255,00	40,00	310,00	64,50
NK F 180	170,18	186,00	33,00	244,00	52,22
NK E 180	234,00	242,00	81,00	298,00	54,86
DK F 360	165,18	173,00	15,00	282,00	70,96
DK E 360	238,81	257,50	19,00	334,00	84,54
NK F 360	177,31	186,50	19,00	271,00	62,08
NK E 360	214,25	231,00	22,00	330,00	81,38

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 7. Čas dosažení maximální hodnoty (T_{max}) peak torque (milisekundy) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení soutěžního období (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	339,93	333,00	79,00	80,00	171,27
DK E 60	370,06	368,50	253,00	497,00	77,65
NK F 60	423,81	393,00	100,00	672,00	174,14
NK E 60	334,37	341,50	89,00	579,00	109,44
DK F 180	118,12	81,00	65,00	381,00	100,24
DK E 180	152,56	155,50	95,00	228,00	38,86
NK F 180	121,43	88,50	69,00	411,00	91,65
NK E 180	132,81	144,50	55,00	187,00	39,87
DK F360	239,43	231,50	37,00	429,00	87,04
DK E 360	193,18	228,00	103,00	240,00	58,17
NK F 360	249,25	240,50	151,00	331,00	43,53
NK E 360	2117,06	227,50	23,00	249000	52,53

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 8. Čas dosažení maximální hodnoty (T_{max}) peak torque (milisekundy) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení přechodného období (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	435,50	264,00	35,00	1551,00	421,30
DK E 60	342,43	340,00	188,00	481,00	79,68
NK F 60	371,66	296,00	41,00	944,00	279,67
NK E 60	322,60	303,00	199,00	508,00	93,10
DK F 180	73,87	70,50	59,00	107,00	13,67
DK E 180	122,12	112,50	64,00	195,00	45,42
NK F 180	128,68	80,00	61,00	505,00	129,19
NK E 180	117,87	99,00	61,00	505,00	129,19
DK PT 360	246,68	235,00	44,00	608,00	119,20
DK E 360	211,87	235,00	1,00	299,00	87,68
NK F 360	268,25	241,50	219,00	623,00	97,53
NK E 360	202,81	224,00	111,00	283,00	54,64

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka

Příloha 9. Čas dosažení maximální hodnoty (T_{max}) peak torque (milisekundy) při flexi a extenzi kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny po skončení soutěžního období (n=16)

Proměnná	\bar{x}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>s</i>
DK F 60	315,93	272,50	99,00	628,00	155,34
DK E 60	304,50	296,50	203,00	43300	69,03
NK F 60	360,00	268,00	115,00	1140,00	250,11
NK E 60	347,93	369,50	177,00	450,00	87,00
DK F 180	103,00	71,50	56,00	340,00	81,28
DK E 180	107,25	90,00	57,00	201,00	43,00
NK F 180	77,81	75,50	55,00	108,00	14,83
NK E 180	109,31	100,00	61,00	172,00	42,87
DK PT 360	265,81	244,00	221,00	405,00	54,17
DK E 360	184,87	225,00	44,00	287,00	83,06
NK F 360	248,37	238,00	115,00	439,00	63,66
NK E 360	214,31	230,00	107,00	289,00	64,16

Vysvětlivky:

DK – dominantní dolní končetina; *NK* – nedominantní dolní končetina; *F* – flexe; *E* – extenze; 60, 180, 360 – rychlost pohybu (°/s); \bar{x} – aritmetický průměr; *Med* – medián; *Min* – minimum; *Max* – maximum; *s* – směrodatná odchylka