

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

RELIABILITA, VYUŽITELNOST A SENZITIVITA K-TESTU U HRÁČŮ FOTBALU

KATEGORIE U16, U17 A U19

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Lenka Stočková, tělesná výchova a sport

Vedoucí práce: Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.

Olomouc 2017

Jméno a příjmení autora: Bc. Lenka Stočková

Název diplomové práce: Reliabilita, využitelnost a senzitivita K-testu u hráčů fotbalu

kategorie U16, U17 a U19

Pracoviště: Katedra sportu

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2017

Abstrakt: K-test byl navržen tak, aby diagnostikoval schopnost agility u hráčů. Cílem práce bylo posoudit reliabilitu, využitelnost a senzitivitu tohoto testu. Vysoce kvalifikovaní hráči české fotbalové ligy zařazení do systému SCM ($n = 60$; věk = $16,9 \pm 1,3$; výška = $177,1 \pm 4,6$ cm; hmotnost = $68,7 \pm 4,6$ kg) se dobrovolně zúčastnili měření motorického testu K-test formou test re-test. Pro posouzení relativní reliability byl využit koeficient vnitrotřídní korelace ICC. Úroveň absolutní reliability byla analyzována pomocí střední chyby průměru (SEM) a variačního koeficientu (CV). Rozdílem mezi SEM a nejmenší užitečnou změnou měření (SWC) jsme posuzovali využitelnost testu. Senzitivita byla analyzována pomocí párovaného t-testu. Test vykazoval vysokou úroveň reliability vypočítanou hodnotou ICC (0,89; 90% CI: 0,83-0,93), SEM (0,10; 90% CI: 0,092-0,13) a CV (0,95; 90% CI: 0,91-0,97). Využitelnost byla vyhodnocena jako dobrá, neboť hodnota SEM byla nižší než SWC ($0,10 < 0,29$). Nejmenší užitečná změna měření (SWC) vyjádřená v procentech nám říká, že smysluplné zlepšení výkonu vzhledem k intervenci by vyžadovala hráče snížit výsledný čas o 2,68 %. Senzitivita K-testu nebyla potvrzena. Hodnota t_0 (0,24) menší než 1,96 znamená, že údaje poskytují důkaz o potvrzení nulové hypotézy. Proto lze konstatovat, že nebyla nalezena statisticky významná změna v měření a tím nebylo potvrzeno zlepšení výkonnosti v průběhu 6týdenní intervence ověřené motorickým testem K-test.

Klíčová slova: Fotbal, testování, agility, K-test, reliabilita, využitelnost, senzitivita.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Lenka Stočková

Title of the master thesis: Reliability, usefulness and responsiveness of K-test in U16, U17 and U19 age-group soccer players

Department: Department of sport

Supervisor: Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.

The year of presentation: 2017

Abstract: The change of direction and acceleration test (K-test) was designed to assess field sport agility. This study analyzed the reliability, usefulness and responsiveness of this test. Highly trained, male, Czech soccer players ($n = 60$; age = 16.9 ± 1.3 ; height = 177.1 ± 4.6 cm; mass = 68.7 ± 4.6 kg) volunteered for the K-test by method of test-retest. Intra-class correlation coefficients (ICC) assessed relative reliability. Absolute reliability was analyzed through standard error of mean (SEM) and coefficient of variation (CV). Differences between the SEM and smallest worthwhile change (SWC) assessed test usefulness. Responsiveness was analyzed through a sample paired t-test. Reliability scores showed high ICC (0,89; 90% CI: 0,83-0,93), a high SEM (0,10; 90% CI: 0,092-0,13) and a high CV (0,95; 90% CI: 0,91-0,97). The usefulness was rated as "good" because the SEM value was lower than SWC. The SWD % indicated that a meaningful improvement due to training would require players to decrease their times by 2,68 %. The K-test was not found to be responsive, with a paired t-test ($t_0 = 0,24$), because t_0 lower than 1,96 indicates that the data provides evidence to prove the null hypothesis. It therefore can be concluded that a statistically change in the measuring occurred and was not likely to show improvements in K-test performance over the time period. Further studies are needed to establish the sensitiveness of this test to different training programs.

Keywords: Soccer, testing, agility, K-test, reliability, usefulness, responsiveness.

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

Magisterská práce byla vypracována v souladu s dlouhodobým záměrem Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Karla Hůlky, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. 4. 2017

.....

Děkuji Mgr. Karlu Hůlkovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce.

OBSAH

1 ÚVOD	6
2 PŘEHLED POZNATKŮ	8
2.1 Fotbal.....	8
2.1.1 Fyziologické aspekty fotbalu	11
2.1.1.1 Aerobní požadavky	15
2.1.1.2 Anaerobní požadavky.....	16
2.1.2 Somatická charakteristika hráče.....	17
2.1.3 Síla, Rychlost, Agility	21
2.1.3.1 Síla.....	21
2.1.3.2 Rychlost.....	22
2.1.3.3 Agility.....	24
2.1.4 Pohybově výkonová diagnostika.....	26
2.1.4.1 Diagnostika agility	27
2.1.4.1.1 K-test	28
2.2 Testování a standardizace motorických testů.....	30
2.3 Validita	31
2.4 Reliabilita	31
2.4.1 Vztah mezi reliabilitou a validitou	35
2.4.2 Statistické metody pro posuzování reliability ve sportu	35
2.4.2.1 Testování hypotéz	37
2.4.2.1.1 T-test.....	37
2.4.2.1.2 ANOVA (Analýza rozptylu)	38
2.4.2.2 Pearsonův korelační koeficient (r)	39
2.4.2.3 Vnitrotřídní korelační koeficient ICC	39
2.4.2.4 Standardní chyba průměru (SEM).....	40
2.4.2.5 Variační koeficient (CV).....	40
2.4.2.6 Regresní analýza	41
2.4.2.7 Limity shody (Bland-Altmanův graf)	41
2.5 Využitelnost (usefulness)	42
2.6 Senzitivita (responsiveness)	42
3 CÍLE.....	43
3.1 Hlavní cíl práce	43

3.2 Dílčí cíle práce.....	43
3.3 Úkoly práce	43
3.4 Výzkumné otázky.....	43
4 METODIKA.....	44
4.1 Výzkumný soubor	44
4.2 Metody sběru dat.....	44
4.3 Postup měření, záznam a korekce dat	45
4.4 Statistické zpracování dat.....	46
5 VÝSLEDKY	48
5.1 Výsledky měření K-testu.....	48
5.2 Podmínky pro zjištění vlastností měření K-testu	49
5.3 Hodnocení reliability K-testu	49
5.4 Využitelnost (usefulness) a senzitivita (responsiveness) K-testu	50
6 DISKUZE.....	52
7 ZÁVĚRY	56
8 SOUHRN	58
9 SUMMARY	59
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	60

1 ÚVOD

Trenéři, instruktoři a sportovci neustále hledají efektivní metody, jak přispět k rozvoji sportovního výkonu, posouzení talentů či měření výkonnosti u sportovců (Pauole, Madole, Garhammer, Lacourse, & Rozenek, 2000). Výkonově a zátěžově orientované testy jsou nejběžnějšími metodami ke stanovení diagnostiky tělesné výkonnosti hráčů fotbalu (Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006). Specifické fyziologické aspekty této sportovní hry vyžadují fyzickou zdatnost hráčů ve spojitosti s vysokou aerobní a anaerobní kapacitou, svalovou silou, flexibilitou a agility (Mirkov, Nedeljkovic, Kukolj, Ugarkovic, & Jaric, 2008).

Podle Hachana et al. (2014) schopnost agility, definována jako schopnost rychlé změny směru pohybu (Sheppard & Youngy, 2016), je považována za základní prvek optimálního výkonu ve všech sportovních hrách. Běžně hráč fotbalu změní směr pohybu každé 2-4 sekundy a vykoná 1200-1400 změn směru pohybu během utkání (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010). Díky tomu se trénink agility stal součástí každého tréninkového procesu.

Otázka měření je v sociálních vědách, ať už ve světě nebo doma, dlouhodobě středem pozornosti (Ritomský, 2012). Obecně platí, že testy poskytují cenné výsledky díky jejich reprodukovatelnosti a standardizovaným testovacím podmínkám (Mirkov, Nedeljkovic, Kukolj, Ugarkovic, & Jaric, 2008). Aby testování mělo pro diagnostiku anebo výzkum význam, musí být reliabilní a mít validní interpretaci testových hodnot (Ritomský, 2012).

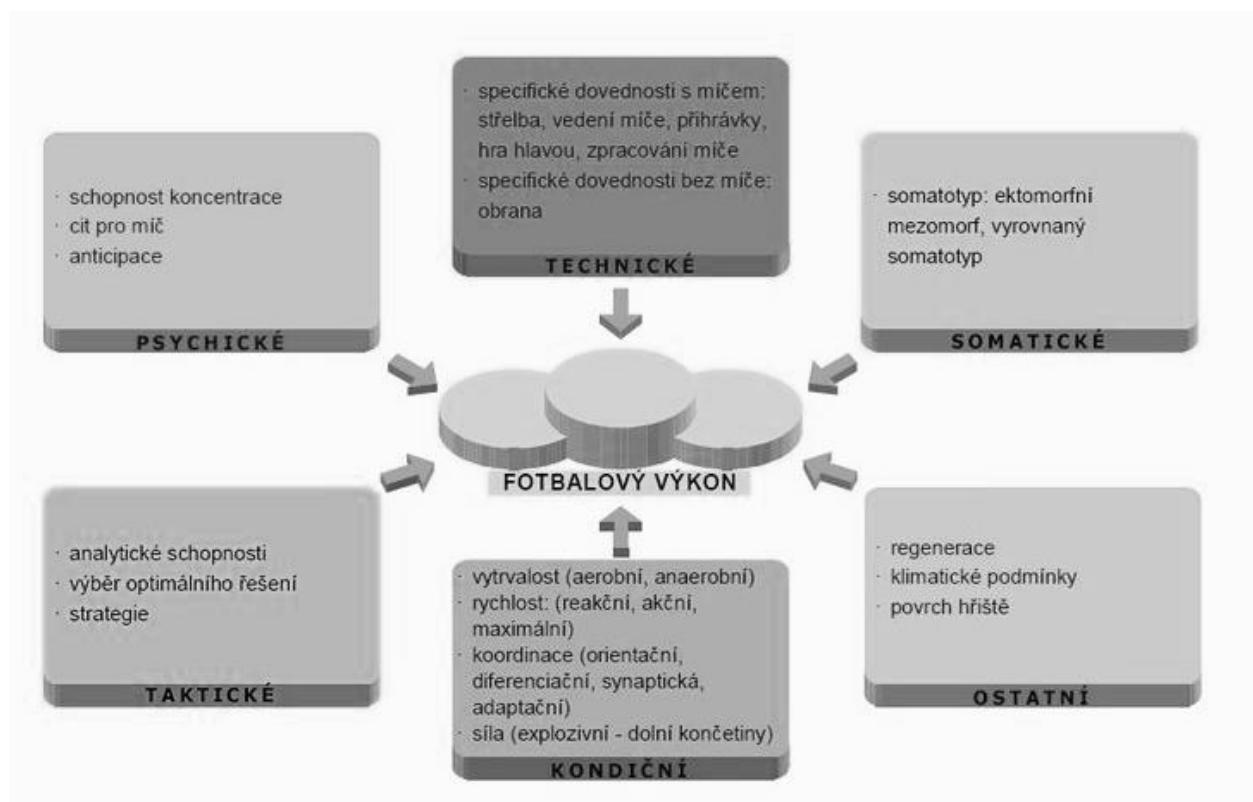
Reliabilita měření v testech fyzické výkonnosti ovlivňuje přesnost posuzování sportovců, pacientů, klientů a účastníků studie (Hopkins, Schabert, & Hawley, 2001). Zjišťuje do jaké míry je výsledek určité vlastnosti zatížen chybou. Reliabilita nemůže být hodnocena přímo, neboť nepoznáme pravé výsledky, proto je odhadována opakovaným měřením (stabilita). Vzhledem k tomu, že test musí něco měřit a neprodukovat významné chyby, hovoříme, že reliabilita je hranicí validity. Dostatečně vysoká reliabilita je nutnou podmínkou dobré validity měření, avšak vysoká reliabilita ještě nezaručuje dobrou validitu (Chráška, 2016).

Ve fotbale se klade velký význam k rozvoji terénních testů, které by mohly spolehlivě prokázat agility hráčů (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010). Účelem většiny testů agility je měření rychlosti provedení pohybového úkolu. Ačkoliv neexistují vymezené testy agility ve fotbale, nejčastěji se používá T-test (Sporis et al., 2010). Předmětem mé diplomové práce je zhodnocení reliability, využitelnosti (usefulness) a senzitivity (responsivnes) K-testu, který je obdobou T-testu, taktéž zaměřený na měření agility u hráčů fotbalu.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

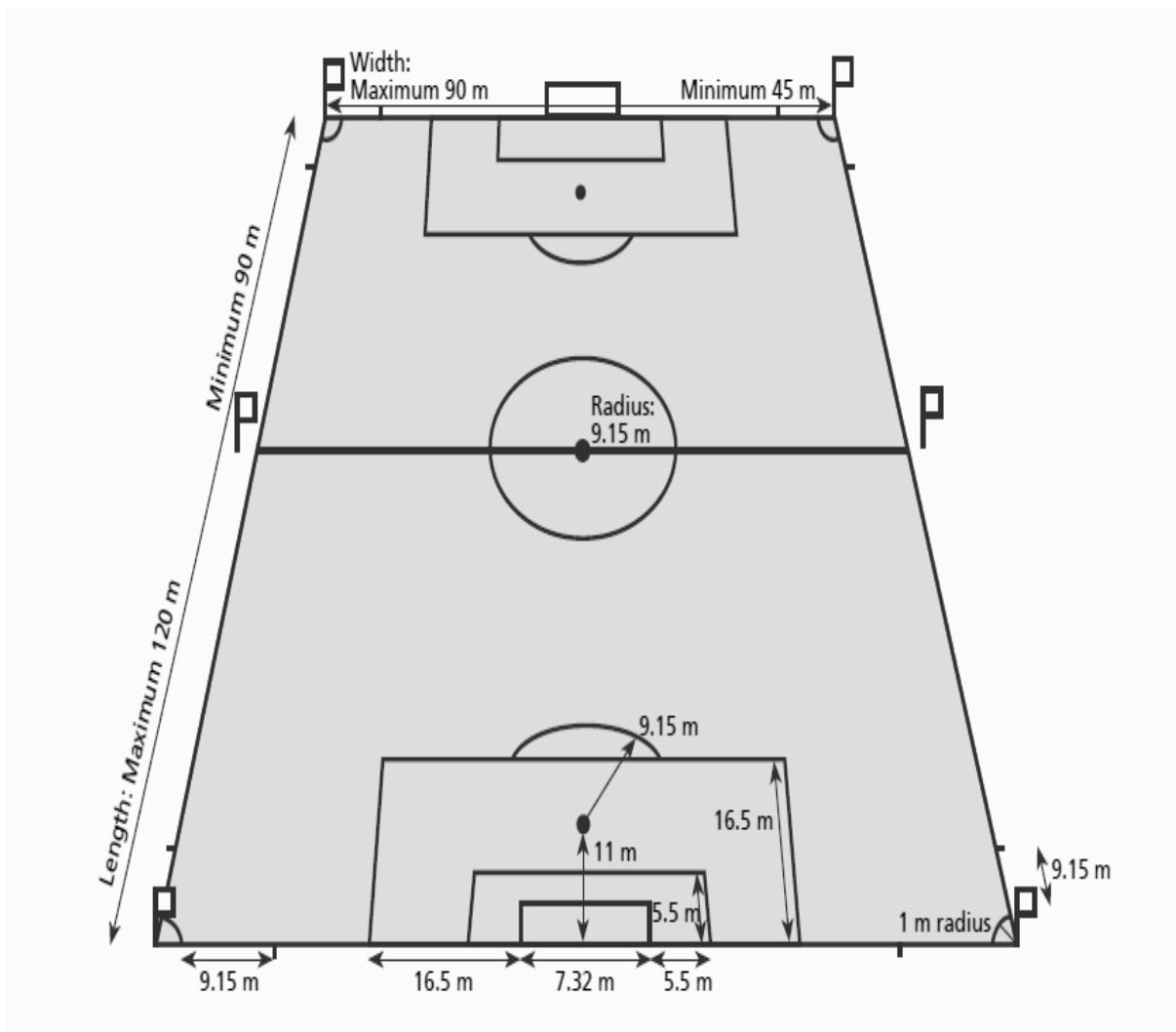
2.1 Fotbal

Fotbal se stal nejpůvodnějším sportem světa. Přibližně 265 milionů hráčů a 5 milionů rozhodčích a administrátorů, neboli 4 % světové populace jsou aktivně zapojeni v Mezinárodní federaci fotbalového svazu, FIFA (Haugen & Seiler, 2015). Tento počet je dán součtem všech registrovaných profesionálních hráčů fotbalu věkové kategorie nad 18 let, registrovaných hráčů věkové kategorie pod 18 let, hráčů futsalu, plážového fotbalu a rekreačních hráčů v kategorii mužů i žen. Podle Stølena, Chamariho, Castagna a Wisløffa (2005) jeden z důvodů světové popularity tohoto sportu je jeho profil. Hráči nemusí mít mimořádné kapacity pouze v určité oblasti výkonu, ale vykazují přiměřenou úroveň ve všech oblastech výkonu. Sportovní výkon je vždy podmíněn více faktory (Obrázek 1), jako je technika, taktika, psychika, kondice a somatické předpoklady (Botek et al., 2010).



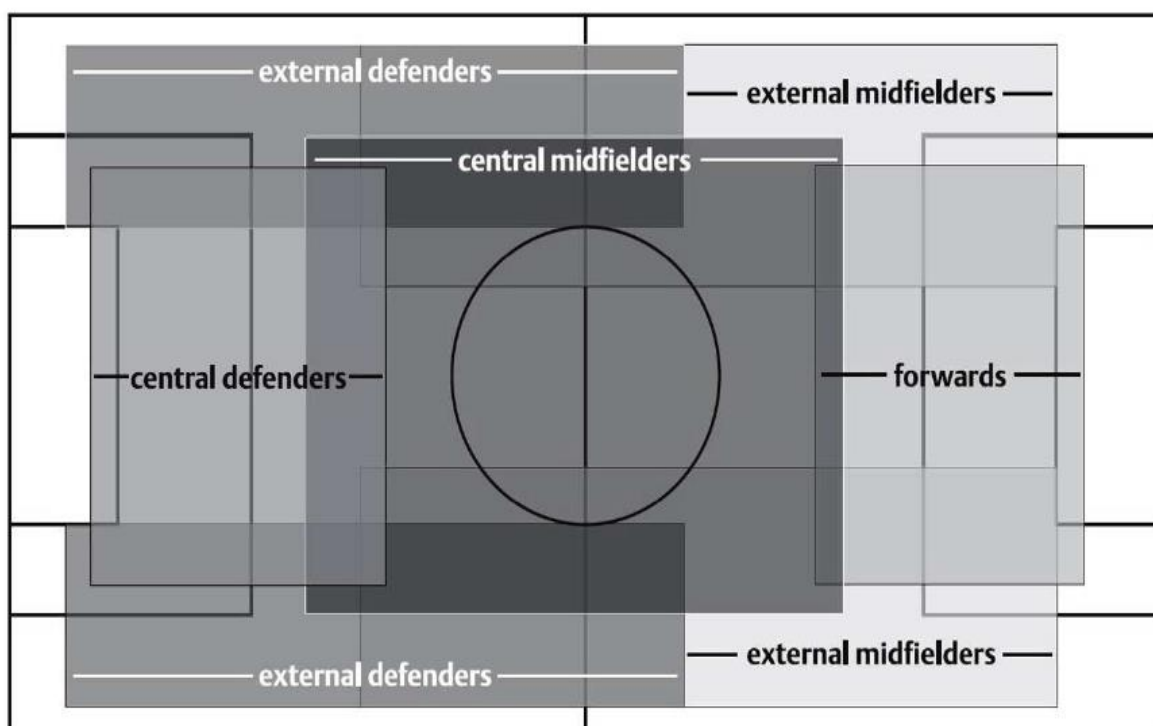
Obrázek 1. Struktura fotbalového výkonu (Bernaciková et al., 2010)

Fotbal je kolektivní, sportovní branková hra, při níž se dvě družstva o 11 hráčích snaží při zachování pravidel vstřelit soupeři co největší počet branek a současně jich co nejméně obdržet (Štrumbauer, Maleček, & Šimberová, 2013). Samotná hra se uskutečňuje v konkrétním utkání o délce dvou poločasů po 45 minutách, mezi nimiž je 15 minutová poločasová přestávka (FAČR, 2016). Utkání je charakterizováno určitým dějem a dodržováním objektivně platných pravidel. Tyto pravidla jsou celosvětově vydávána každoročně Mezinárodní federací fotbalových asociací (FIFA). Znalost základních pravidel nám pomohou nahlédnout na kvantitu zatížení během utkání kladenou na hráče fotbalu.



Obrázek 2. Rozměry fotbalového hřiště (FIFA, 2016)

Hráči jsou na hřišti rozlišeni do několika herních postů, které mají na herním území svou specifickou úlohu. Nejzákladnější dělení je na brankáře, obránce, záložníky a útočníky. Podrobněji pak můžeme hráče rozdělit na krajní a střední obránce a dále na střední a krajní záložníky (Obrázek 3). Střední záložníky dále rozlišujeme na ofenzivního a defenzivního středního záložníka. Podle Hazira (2010) specifické herní posty, stejně jako v jiných sportovních kolektivních hrách, vykazují odlišné fyziologické požadavky na hráče.



Vysvětlivky: central defender – střední obránci
 external defenders – krajní obránci
 central midfielders – střední záložníci
 external midfielders – krajní záložníci
 forwards – útočníci

Obrázek 3. Jednotlivé herní posty ve fotbale (Di Salvo et al., 2007)

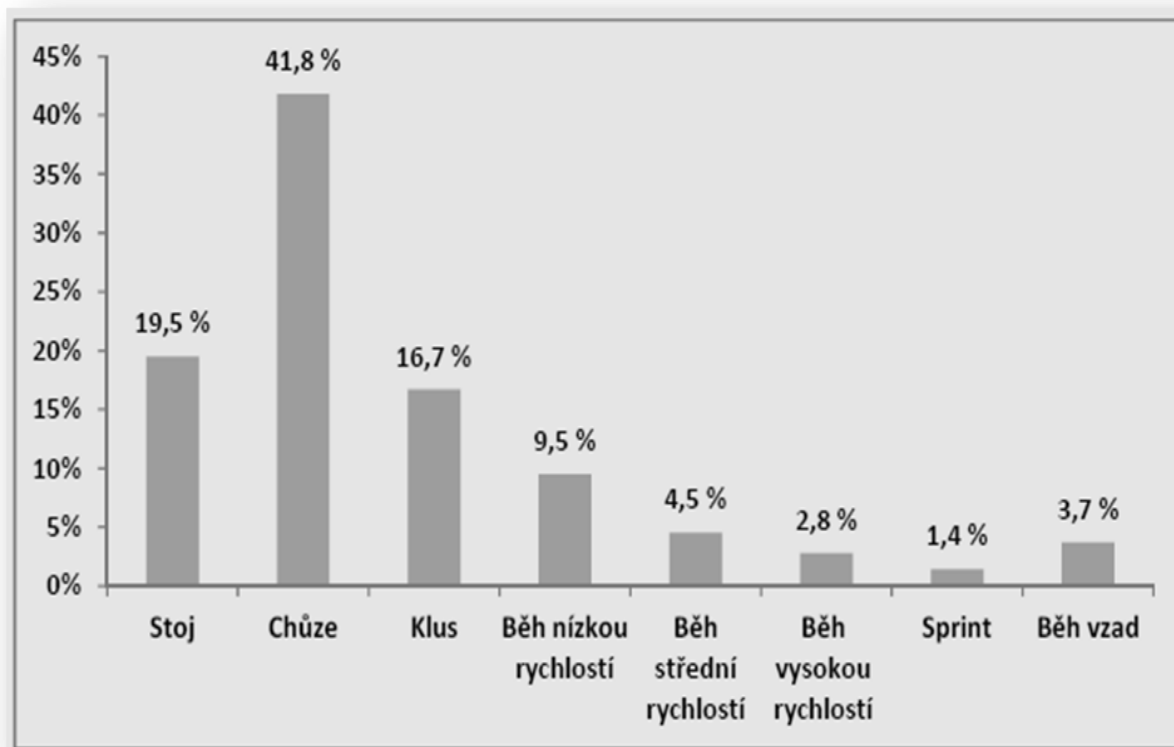
2.1.1 Fyziologické aspekty fotbalu

Během posledních 3 desetiletí se fotbal postupně vyvíjel se značným objemem výzkumu, jehož středem pozornosti je aktivita hráčů v zápase, fyziologická náročnost hry a tréninkové metody (Alghannam, 2013). Se zvyšováním tempa hry jsou na hráče kladeny vyšší nároky na jeho kondici, úroveň herních dovedností, kreativitu i schopnost rychle se rozhodovat (Večeřa & Cacek, 2013).

Fotbal je řazen z pohledu energetického krytí mezi aerobní sporty s požadavky na anaerobní metabolismus. V průběhu utkání se střídají činnosti vysoké a nízké intenzity. Výkon ve fotbale je tedy charakterizován intermitencí pohybového zatížení (Frýbort, 2014). Průměrná intenzita zatížení měřena jako procento maximální srdeční frekvence během 90min utkání se pohybuje v blízkosti anaerobního prahu (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Pro upřesnění je anaerobní práh definován jako intenzita zatížení, při které dochází k narušení dynamické rovnováhy mezi produkcí laktátu a schopností jeho odbourání, nebo využití jako zdroj energie pro svalovou činnost (Lehnert et al., 2014). Naměřený anaerobní práh u fotbalistů se běžně nachází mezi 80-90 % maximální srdeční frekvence. Bylo by tedy fyziologicky nemožné udržet zvýšený průměr intenzity zatížení po delší časové období vzhledem k výsledné akumulaci laktátu, proto jsou důležité také činnosti nízké intenzity k odbourání laktátu z pracujících svalů (Stølen et al., 2005). Relativně nebyl prokázán žádný rozdíl mezi intenzitou zatížení u profesionálních a amatérských hráčů fotbalu, Avšak absolutně je prokázána vyšší intenzita zatížení u profesionálních hráčů (Ekblom, 1986).

Podle Stolena, Chamariho, Castagna, a Wisløffa (2005) hráči fotbalu na vysoké úrovni překonávají v průběhu utkání vzdálenost 10 až 12 km v závislosti na herním postu. Zatím co pro brankáře platí vzdálenost kolem 4 km, záložníci jsou považováni za hráče s nejdelší vykonanou vzdáleností během utkání (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003). Nacházejí se zde také rozdíly mezi první a druhou polovinou utkání. Překonaná vzdálenost v druhé polovině

utkání je o 5-10 % nižší ve srovnání s první polovinou (Rienzi, Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000). V průběhu utkání hráči mění intenzitu běhu. Průměrně každých 90 sekund se lokomoce pohybu mění v náhlý sprint trvající přibližně 2-4 sekundy. Sprint tedy běžně zabere 1-11 % překonané celkové vzdálenosti během utkání a 0,5-3,0 % herního času (Stølen et al., 2005). Zastoupení jednotlivých lokomocí v průběhu utkání u profesionálních hráčů fotbalu vidíme na obrázku 4, kde stoj je charakterizován rychlostí $0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, chůze do $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, klus do $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, běh nízkou rychlostí do $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, běh střední rychlostí do $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, běh vysokou rychlostí do $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, sprint okolo $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a běh vzad $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Mohr et al., 2003).



Obrázek 4. Grafické zobrazení jednotlivých lokomocí v utkání profesionálních hráčů fotbalu (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003)

Hráč fotbalu je nucen změnit směr pohybu každé 2-4 sekundy a vykonat 1200-1400 změn směru pohybu během utkání (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010). Podle Helgeruda,

Eugena, Wisløffa a Hoffa (2001) provádí hráči během utkání 10-20 sprintů, 15 soubojů o míč, 10x hru hlavou, 50x vedení míče a 20-46 přihrávek. Fotbalové utkání můžeme charakterizovat jako soubor pohybových činností s míčem nebo bez něj (Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006).

Tabulka 1. Soubor pohybových činností s míčem (Psotta et al., 2006)

ČINNOSTI S MÍČEM	
Počet vedení míče	30
Počet přihrávek	20-46
Vzdálenost překonaná vedením míče	140-220 m
Počet odehrání míče hlavou	4-17
Počet střel	0-4

Tabulka 2. Soubor pohybových činností bez míče (Psotta et al., 2006)

ČINNOSTI BEZ MÍČE	
Překonaná celková vzdálenost v utkání	9-15 km
Změny směru pohybu	40-60
Výskoky	5-20
Obranné souboje	6-20
Zvednutí ze země po pádu	0-6

Tak jako je četnost jednotlivých činností závislá na herním postu, tak i různé herní posty mají odlišné fyziologické požadavky na hráče (Mohr, Krustруп, & Bangsbo, 2003). Mohr, Krustруп a Bangsbo (2005) uvádějí, že střední obránci, záložníci a útočníci odehrají

vícekrát hlavou a vykonají větší počet soubojů než krajní obránci. Krajní obránci a útočníci sprintují po delší dobu než střední obránci a záložníci.

Ve studii Mohra, Krustupa a Bangsba (2005) překonali střední obránci kratší vzdálenost ($9,74 \pm 0,22$ km) v porovnání s krajními obránci ($11,00 \pm 0,21$ km), záložníky ($10,98 \pm 0,23$ km) a útočníky ($10,48 \pm 0,30$ km). Bradley et al. (2009) také potvrzují rozdílnost v celkově naběhané vzdálenosti v utkání mezi jednotlivými herními posty. Spolu s poznatky o maximální běžecké rychlosti a průměrnému času zotavení jednotlivých herních postů můžeme vidět v tabulce 3, kde vysoko intenzivnímu běhu přiřazujeme rychlost vyšší než $14,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, velmi vysoká intenzita běhu odpovídá rychlosti vyšší než $19,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a sprint je klasifikován při rychlosti běhu vyšší než $25,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Bloomfield, Polman, Butterly a O'Donoghue (2005) také zjistili rozdíly ve věku, tělesné výšce, tělesné hmotnosti a BMI fotbalistů v závislosti na herním postu.

Tabulka 3. Srovnání běžeckého výkonu jednotlivých herních postů (Bradley et al., 2009)

	Střední obránci	Krajní obránci	Střední záložníci	Krajní záložníci	Útočníci
Celkově vykonaná vzdálenost (m)	9885±555	10710±589	11450±608	11535±933	10314±1175
Běh vysokou intenzitou (m)	1834±256	2605±387	2825±473	3138±565	2341±575
Běh velmi vysokou intenzitou (m)	603±132	984±195	927±245	1214±251	955±239
Sprint (m)	152±50	287±98	204±89	346±115	264±87
Maximální běžecká rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	7,31±0,30	7,74±0,24	7,52±0,32	7,93±0,31	7,76±0,28
Čas zotavení (s)	101±15	74±23	62±19	51±16	73±22

2.1.1.1 Aerobní požadavky

Fotbal je charakterizován jako sport s vysokými nároky na aerobní kapacitu. Celková doba trvání aktivní hry ve fotbale obvykle činí 95 minut (Reilly, 2007). Vzhledem k objemu zatížení hráče považujeme jako hlavní zdroj energie aerobní glykolýzu. Průměrná intenzita zatížení hráčů fotbalu během utkání je 75-80 % maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}) (Bangsbo, 1994), nebo také okolo 85 % maximální srdeční frekvence. Nejvyšší dosažená srdeční frekvence během utkání se pohybuje okolo 98 % maximální srdeční frekvence (Krustrup, Mohr, Ellingsgaard, & Bangsbo, 2005).

Testování aerobní výkonnosti je založeno na schopnosti organismu využít oxidativních procesů pro syntézu ATP ve svalech. Hlavním ukazatelem aerobní kapacity je maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}). Ke zjištění VO_{2max} se nejvíce využívá spiroergometrie, což „je metoda stanovení aerobní kardiorepirační zdatnosti analýzou vydechovaného vzduchu při maximálním fyzickém zatížení organismu.“ (Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 257). Měření spotřeby kyslíku během utkání vzniklo na základě odhadování vztahu maximální spotřeby kyslíku a srdeční frekvence naměřené v laboratorních podmínkách (Esposito et al., 2004). V současnosti nám postačí k diagnostice zatížení během utkání sledovat srdeční frekvenci hráče pomocí sporttestu. Tato metoda byla navržena jako nepřímé měření VO_{2max} hráčů během utkání, aniž by omezovala výkon hráče. Představuje tedy platnou metodu pro odhad aerobní spotřeby kyslíku hráče v reálné situaci (Bangsbo, 1994). Nicméně srdeční frekvence může být ovlivněna různými faktory, jako je hypertermie, stresová situace či dehydratace, a tím také nadhodnocovat spotřebu kyslíku hráčů během utkání (Bangsbo, Mohr, & Krustrup, 2006). Po zvážení těchto faktorů bylo prokázáno, že hráči průměrně spotřebovávají přibližně 70 % maximální spotřeby kyslíku během utkání (Alghannam, 2013).

Hodnoty VO_{2max} u fotbalistů se výrazně liší v závislosti na úrovni soutěže. Tyto hodnoty se pohybují průměrně mezi 60-70 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, ne však méně než 65 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ v případě

profesionálních hráčů fotbalu (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Variabilita VO_{2max} v závislosti na herním postu byla relativně malá s vyššími hodnotami VO_{2max} naměřená u záložníků a krajních obránců vzhledem k ostatním herním postům (Astrand, Rodahl, Dahl, & Strømme, 2003). Vyšší aerobní kapacita má pozitivní vliv na výkon hráče, provedení dvojnásobného počtu sprintů, překonanou celkovou vzdálenost během utkání, zapojení se do hry v rozhodujících fázích utkání a také umožňuje hráči vykonat vyšší počet pohybů v druhé polovině utkání (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001).

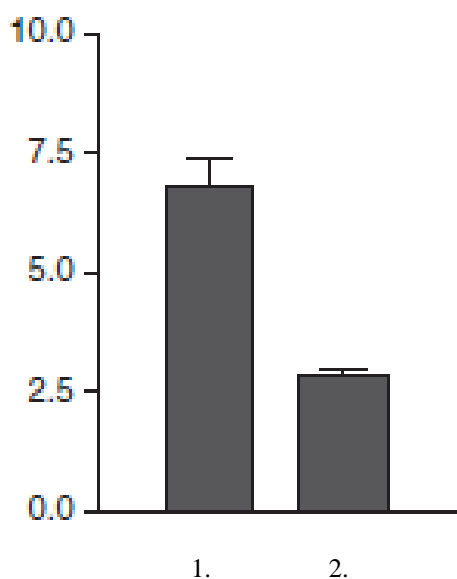
Podle Kalapotharakos et al. (2006) týmy, které mají hráče s vyšší aerobní kapacitou, inklinovaly k lepšímu umístění v soutěžní tabulce.

2.1.1.2 Anaerobní požadavky

Ačkoliv aerobní glykolýza dominuje jako hlavní zdroj energie během fotbalového utkání, vysoko intenzivní činnosti tvoří podstatnou složkou fotbalového výkonu, neboť právě tyto činnosti rozhodují o úspěšnosti hráčů v utkání (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003). Profesionální hráči vykonají 150 až 250 krátkých intenzivních činností během hry (Bangsbo, Iaia, & Krustup, 2007). Jedná se o činnosti, jako jsou opakované sprinty, souboje o míč a výskoky (Alghannam, 2013). Schopnost hráče využít anaerobní systém k lepším výkonům se zvyšuje s úrovní soutěže (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).

Intenzivní činnosti během utkání jsou z energetického hlediska hrazeny anaerobní glykolýzou, která je spojována s akumulací laktátu v pracujících svalech a také se snížením pH krve (Bangsbo, Iaia, & Krustup, 2007). Množství laktátu v krvi hráče se pohybuje v rozmezí $2-10 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, nicméně individuálně může tato hodnota vzrůst až na $12 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (Bangsbo, 2014). Gatin (2001) uvádí, že koncentrace laktátu ve svalech je vyšší než v krvi. Podle Russella, Bentona a Kingsleye (2014) dochází v první polovině zápasu k větší tvorbě laktátu, než v té druhé (Obrázek 5).

Svalový glykogen je považován za velice významný zdroj energie ve fotbale. Jeho množství se během utkání běžně zredukuje o 40-90 %. Únava je tedy spojována s vyčerpáním množství glykogenových zásob ze svalů. Hladina glukózy během utkání je spolu s katecholaminy zvýšena a množství inzulínu sníženo. Hladina volných mastných kyselin v krvi se postupně s dobou utkání zvyšuje, což si můžeme vysvětlit jako kompenzaci za snížený svalový glykogen (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2007).



Obrázek 5. Koncentrace laktátu v krvi profesionálních fotbalistů na konci první a druhé poloviny utkání (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005)

2.1.2 Somatická charakteristika hráče

Dovalil (2009) podotýká, že somatická charakteristika sportovce je relativně stálá a v nezanedbatelné míře geneticky podmíněná, odráží konstituci těla a úroveň tělesného složení. Představuje jednu z důležitých komponent sportovního výkonu (Fajfer & ČMFS, 2009). Také studie Gila, Gila, Ruize, Irazusty a Irazusty (2007) prokázala, že věk a somatická charakteristika hráče fotbalu je velice důležitá při identifikaci sportovního talentu. Průměrný hráč fotbalu v Evropě běžně dosahuje 176,0-183,0 cm tělesné výšky, méně než 80 kg (65,6-78,7 kg) tělesné hmotnosti a BMI v rozmezí 23,00-24,45 kg·m⁻² (Hazir, 2010).

Gil et al. (2007) poukazují na odlišnosti mezi jednotlivými hráči vyplývající z vyčerpání hráčů v utkání, kde je každý hráč v rámci svého herního postu vystaven specifickému zatížení.

Tabulka 4. Somatická charakteristika extraligových a prvoligových hráčů fotbalu dle jednotlivých herních postů (Hazir, 2010)

Herní posty	Věk (roky)		Tělesná hmotnost (kg)		Tělesná výška (cm)		BMI (kg·m ⁻²)	
	EL	PL	EL	PL	EL	PL	EL	PL
Brankáři	25,7±4,47	23,4±5,09	82,0±5,50	79,2±5,85	184,8±3,73	185,2±4,66	24,02±1,37	23,10±1,56
Obránci	25,9±4,27	24,5±4,30	75,6±6,21	74,15±5,70	178,6±5,26	178,7±4,95	23,71±1,45	23,23±1,54
Záložníci	25,8±3,05	23,8±3,99	73,9±4,75	71,7±6,14	176,1±4,62	175,9±5,60	23,82±1,23	23,17±1,55
Útočníci	25,2±3,54	24,6±4,43	76,6±6,44	75,11±5,87	177,9±5,89	179,3±4,96	24,20±1,53	23,36±1,56
Overall	25,7±3,73	24,1±4,27	76,1±6,18	73,9±6,34	178,4±5,66	178,4±5,90	23,89±1,38	23,21±1,53

Vysvětlivky: EL – extraligový hráči

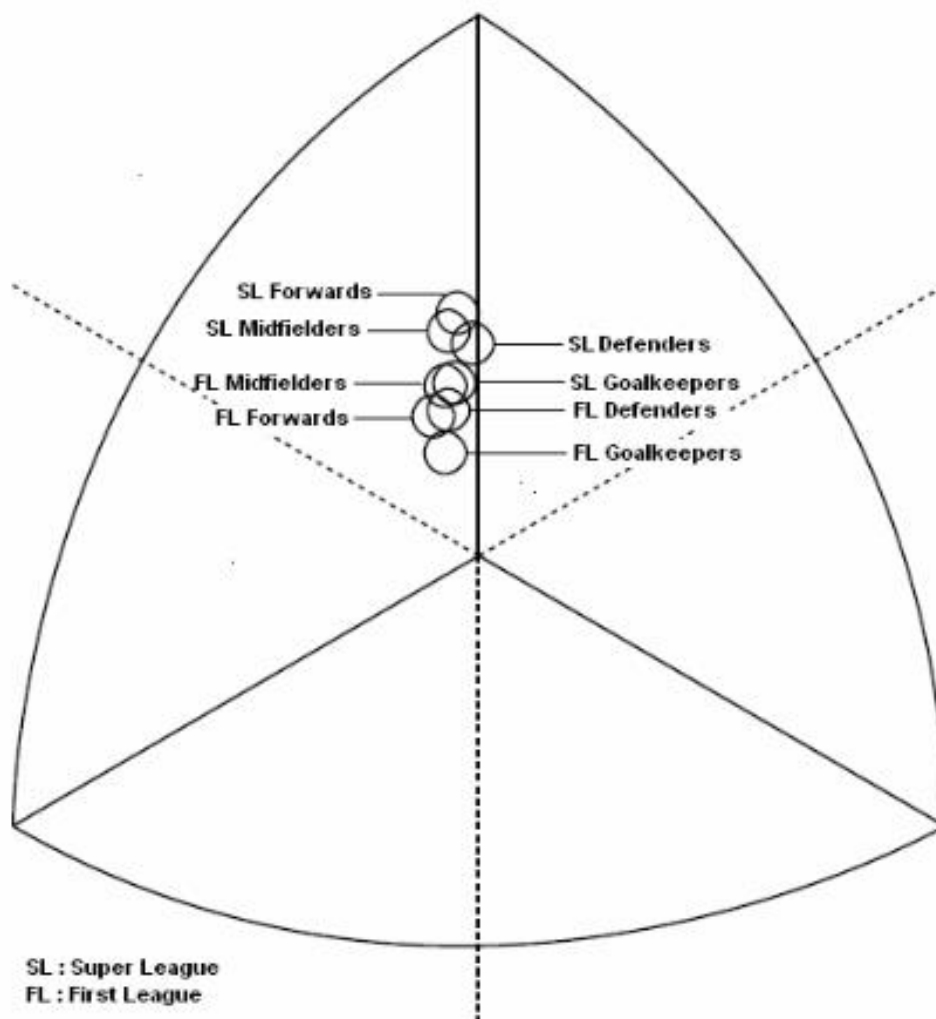
PL – prvoligový hráči

BMI – body mass index

Somatotyp je základní klasifikace tělesné typologie. Podle antropometrické metody Heath a Carter měříme somatotyp ve třech komponentách. Zjišťujeme endomorfní (tukovou),

mezomorfní (svalovou) a ektomorfní (štíhlou) komponentu (Hazir, 2010). Výsledky měření jednotlivých komponent zaznamenáváme do somatografu (obrázek 6). V somatografu se hráč fotbalu většinou pohybuje v oblasti střední až vyšší endo-mezomorfie nebo ekto-mezomorfie (Grasgruber & Cacek, 2008). Podle Gila, Gila, Ruize, Irazusty a Irazusty (2007) obvykle u fotbalistů převládá ektomorfní komponenta. Hráči fotbalu mají v porovnání s běžnou populací větší zastoupení svalové hmoty, která tvoří 62 % tělesné hmotnosti (Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000). Zastoupení tukové hmoty u hráčů fotbalu je ve srovnání s běžnou populací nižší. V případě, že ji porovnáme s vytrvalostními běžci, naměříme vyšší podíl tukové hmoty u hráčů fotbalu (Shephard, 1999). Profesionální fotbalový hráči mají 7-19 % tukové hmoty (Rienzi, Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000), nicméně Gil et al. (2007) považují za rozumnou průměrnou hodnotu tukové hmoty u hráče fotbalu přibližně 10 % jeho tělesné hmotnosti.

Somatotyp má z hlediska sportovní praxe svůj nesporný význam. Na základě poměru zjištěného trojčíslí a lokalizace ve sférickém trojúhelníku lze odvodit i motorické a funkční dispozice jedince. Za předpokladu jeho vysoké genetické podmíněnosti má význam nejen diagnostický, ale i predikční. Díky tomu jeho určení nachází své uplatnění v oblasti kinantropologické praxe (Lehnert et al., 2014).



Vysvětlivky: SL – extraligový hráči
 PL – prvoligový hráči
 Defenders – obránci
 Midfielders – záložníci
 Forwards – útočníci
 Goalkeepers – brankáři

Obrázek 6. Somatotyp extraligových a prvoligových hráčů fotbalu dle jednotlivých herních postů (Hazir, 2010)

2.1.3 Síla, Rychlost, Agility

V současnosti je fotbal velice fyzicky náročná hra. Hráči jsou podrobena řadě činností, které vyžadují adekvátní úroveň silových, rychlostních, vytrvalostních, koordinačních schopností a flexibility (Jovanovic, Sporis, Omrcen, & Fiorentini, 2011).

Rychlost a explozivní silové schopnosti, jsou považovány za předpoklad úspěšného výkonu u fotbalistů (Reilly, Bangsbo, & Frank, 2000). Zejména díky sprintu na krátkou vzdálenost (do 15 m), vertikálnímu skoku a agility. Byly prokázány značné rozdíly ve velikosti explozivní síly u elitních a sub-elitních hráčů fotbalu (Malý, Zahálka, Malá, & Teplan, 2014). Elitní hráči běžně během zápasu vykonají 30-40 sprintů o různé délce a provedou více než 700 obrátek (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2007).

2.1.3.1 Síla

Síla je součástí sportovního výkonu ve všech sportovních odvětvích. Můžeme ji definovat jako schopnost překonávat, udržovat nebo brzdit vnější odpor prostřednictvím svalové kontrakce při dynamické nebo statické svalové činnosti (Lehnert et al., 2014).

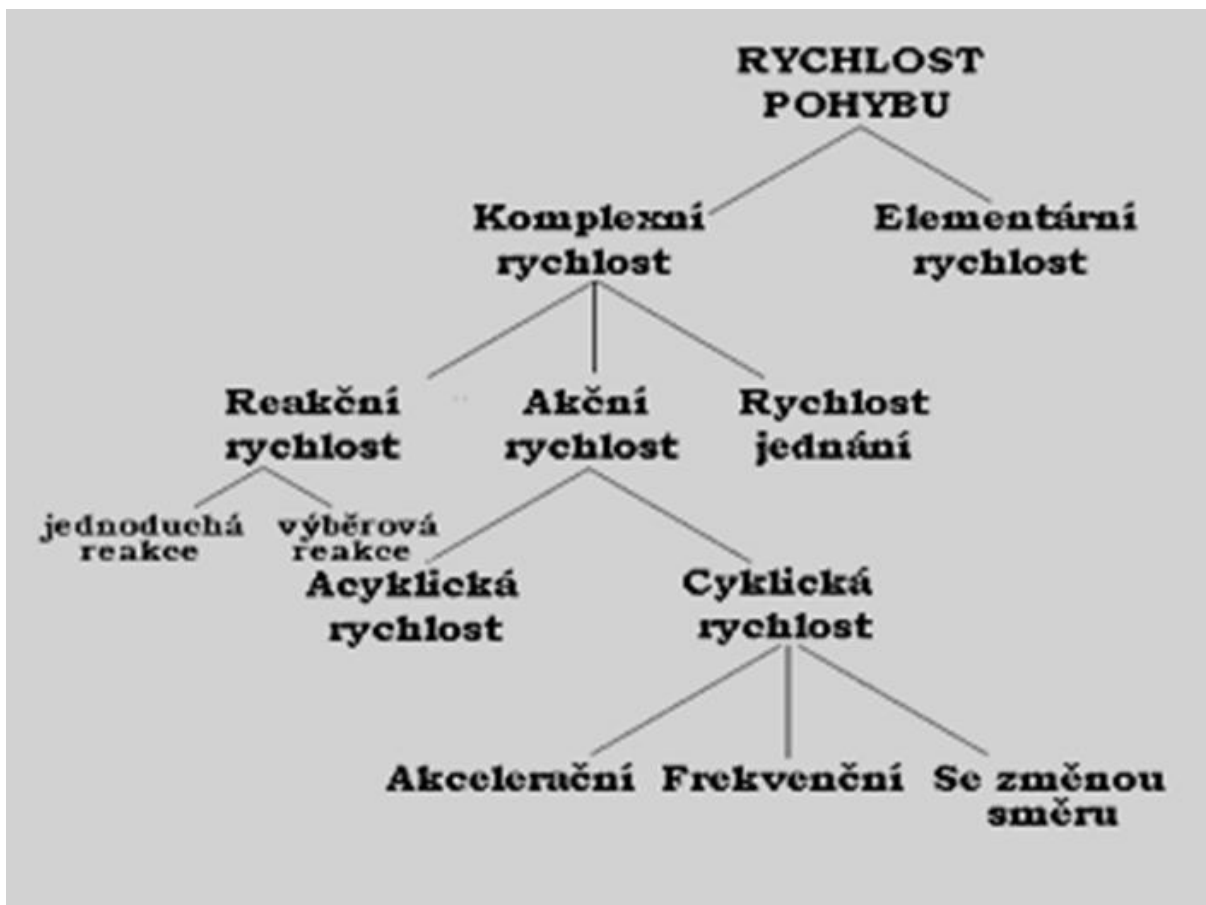
Maximální síla je taková, která je provedena jednou maximální dobrovolnou svalovou kontrakcí. Maximální výkon je produktem síly a rychlosti a vypovídá o schopnosti nervosvalového systému, vykonat co možná největší impuls v daném časovém období (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Maximální síla je jedna ze základních vlastností, která ovlivňuje výkon hráče. Zvýšení maximální síly je obvykle spojováno se zvýšením relativní síly, zrychlení a rychlosti pohybu (Hoff & Almasbakk, 1995). Tento fakt je podpořen výsledkem testu vertikálního skoku a sprintu na 30 m (Wisløff, Castagna, Helgerud, & Hoff, 2004). Zvýšením dostupné síly příslušných svalových skupin spolu se zlepšením zrychlení a rychlosti pohybu můžeme zefektivnit dovednosti hráčů ve fotbale (Bangsbo, 1994). Vysoká úroveň maximální síly také slouží jako prevence proti zranění ve fotbale (Arnason et al., 2004). Lehnhart, Lehnhart, Young a Butterfield (1996) prokázaly, že zavedení

silového tréninku zapříčinilo snížení počtu úrazů o 50 %. Je tedy zřejmé, že technické, taktické a individuální schopnosti hráče mohou být projeveny v 90 minutovém utkání pouze za podpory vysoké úrovně aerobní kapacity a silových schopností hráče (Stølen et al., 2005).

Podle Psotty, Bunce, Mahrové, Netschera a Novákové (2006) vedle základních svalových předpokladů obecné svalové síly více záleží na specifickém průběhu svalové práce a náboru svalových vláken uvnitř svalů během realizace specifického pohybového aktu, tj. na specifické svalové síle (Psotta et al. 2006). Dále Bangsbo (2003) dodává, že nezáleží výhradně na síle svalů použitých při daném pohybu, ale také na schopnosti zkoordinovat akci a svaly ve správnou chvíli.

2.1.3.2 Rychlost

Rychlostní schopnost je považována za jednu ze základních pohybových schopností člověka. Lze ji definovat jako schopnost zahájit a realizovat pohyb v co možná nejkratším čase, přičemž pohybová činnost je prováděna s maximálním úsilím po dobu do 15 sekund a odporem do 20 % maxima (Lehnert et al., 2014). Rychlost je nejvíce geneticky podmíněná pohybová schopnost. Dovalil et al. (2002) udává, že podíl dědičnosti činí 70-80 %. Je také důležité si uvědomit, že základ rychlostní schopnosti nespočívá pouze v pohybové rychlostní činnosti, ale je úzce spojen s vyvinutím rychlé síly, koordinace a motorickým učením (Lehnert et al., 2014). Na obrázku 7 můžete vidět členění rychlosti jako motorické schopnosti.



Obrázek 7. Struktura rychlostní schopnosti (Lehnert et al., 2014)

Podle Havlíčkové et al. (1999) se s fyziologického hlediska jedná o vysokou labilitu dějů v CNS s vysokou rychlostí střídání excitačních a inhibičních dějů. Vzhledem k velké rychlosti střídání kontrakce a relaxace svalových vláken jsou zvýšené nároky kladeny na koordinaci práce antagonistických svalových skupin. Dobrý a Semiginovský (1988) dále uvádí, že pro rychlostní činnosti je důležitá funkční zdatnost svalu, která je dána aktivací rychlých svalových vláken, okamžitou zásobou makroergních fosfátů adenzintrifosfátu (ATP) a kreatinfosfátu (CP), velikostí příčného průřezu svalových vláken a úrovní enzymatické aktivity.

Podíl jednotlivých determinantů, které více či méně limitují rychlostní sportovní výkon, se může u sportů a disciplín značně odlišovat (Lehnert et al., 2014). Ve fotbale jsou to klimatické a terénní podmínky, manipulace a vedení míče i způsob řešení herní situace

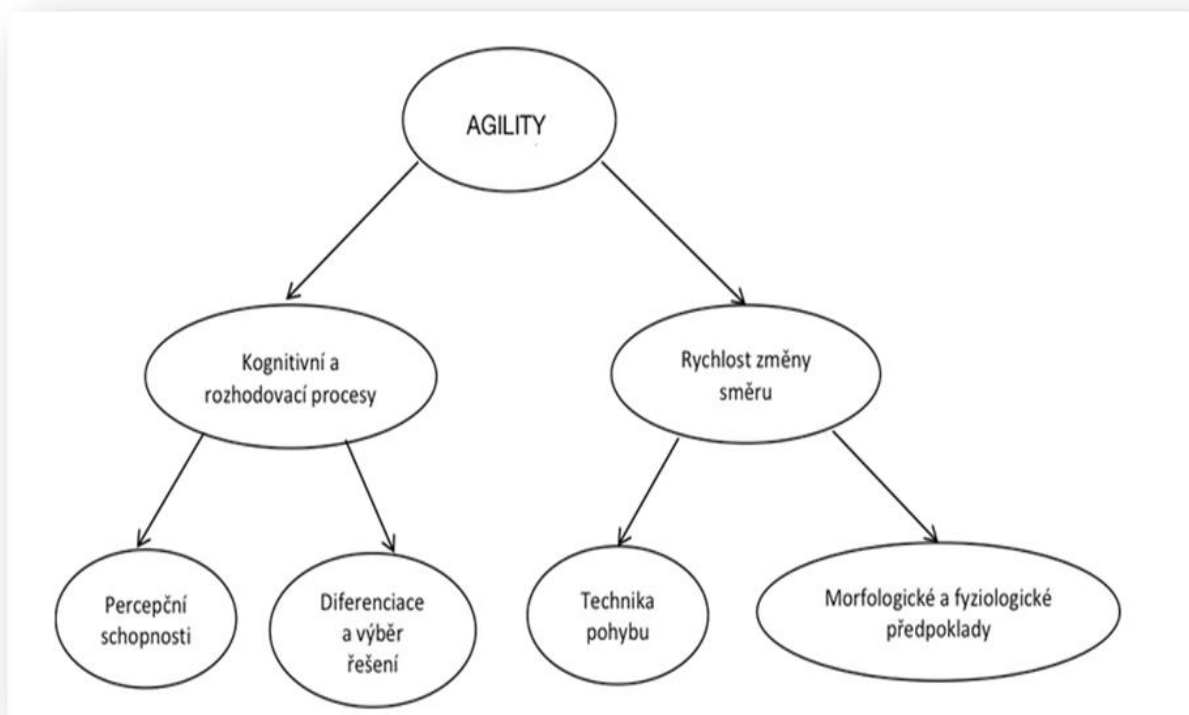
(Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006). Mezi obecné faktory ovlivňující úroveň rychlosti patří vlastnosti nervových procesů, svalová síla, elasticita svalů, volní úsilí, biomechanické podmínky, citlivost receptorů, rychlost myšlení a koordinace pohybových struktur (Kačáni & Horský, 1988).

I když sprinty tvoří pouze 2-11 % celkové překonané vzdálenosti během utkání ve fotbale, vysoko intenzivní činnosti jsou považovány za klíčové momenty přispívající k pozitivnímu sportovnímu výkonu hráče ve fotbale (Little & Williams, 2005). Podle Stolena, Chamariho, Castagna a Wisloff (2005) fotbalisté během utkání běhají vysokou intenzitou přibližně každých 90 sekund. Vzdálenost sprintu (1,5-105 m) je ukazatelem, že hra vyžaduje výbornou schopnost zrychlení a dosažení maximální rychlosti (Bangsbo, 1994).

V průběhu cyklického pohybu může nastat výrazná změna směru pohybu doprovázená poklesem a opakovaným nárůstem rychlosti a frekvence pohybu (pohyb hráče s míčem ve fotbale). V tomto případě se jedná o specifický projev rychlosti, který nazýváme agility (Zahradník & Korvas, 2012).

2.1.3.3 Agility

Tak jako ve fotbale tak i v mnoha dalších kolektivních sportovních hrách je vyžadováno, aby hráč prováděl náhlé změny směru pohybu. Schopnost hráče úspěšně využít tyto manévry v utkání závisí na vizuálním zpracování, vyhodnocení herní situace, načasování, doby reakce, vnímání a předvídání. Všechny tyto faktory jsou ukazatelem agility (Sheppard & Young, 2006). Agility je podle Lehnerta et al. (2014) integrální schopnost provedení rychlé a správné motoricko-kognitivní činnosti sportovce v prostoru a čase, která vyžaduje maximální intenzitu specifické pohybové činnosti. Je součástí sportovního výkonu v různých sportech, avšak nejvíce se uplatňuje ve sportovních hrách (Lehnert et al., 2014).



Obrázek 8. Schématický model agility (Lehnert et al., 2014)

Trénování agility a zlepšování koordinačních schopností by mělo pomoci fotbalovým hráčům pohybovat se rychleji a vykonávat kontrolovaně rychlé změny směru pohybu. Trénink agility si klade za cíl rozvoj silových, rychlostních a koordinačních schopností (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010). Adaptační podněty v tréninkové jednotce by měly obsahovat činnosti vyžadující rychlé lokomoční změny vpřed, vzad, do stran a to ve vertikálním i horizontálním směru s maximální intenzitou pohybu, která umožňuje realizaci pohybového úkolu s vysokou úrovní neuromuskulárního řízení (Lehnert et al., 2014).

Sportovní věda se stále snaží najít účinné metody jak přispět ke zvyšování sportovního výkonu. Jedna z metod posouzení výkonnosti hráče či sportovního talentu je právě přes testování fyzických schopností (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010).

2.1.4 Pohybově výkonová diagnostika

„Informace o aktuálním stavu hráče nám poskytuje zátěžová diagnostika, obecněji pohybově výkonová diagnostika.“ (Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006, 219). Výkonově a zátěžově orientované testy jsou nejběžnějšími metodami ke stanovení diagnostiky tělesné výkonnosti hráčů fotbalu. „Na základě diagnostiky motoriky se stanovuje diagnóza, tedy celkový motorický stav člověka, jeho nedostatky a odchylky, případně jeho další vývin.“ (Měkota & Blahuš, 1983, 18). Motorický test definuje Měkota (1973) jako standardizovaný postup (zkoušku), jehož obsahem je pohybová činnost a výsledkem je číselné vyjádření průběhu či výsledku této činnosti. Primárním záměrem testování je začlenit a stanovit pozici jedince ve skupině (Měkota, 1973). Mnoho motorických testů bylo implementováno v klubech za účelem hodnocení kondiční připravenosti fotbalistů, posouzení vlivu tréninkového procesu, predikci sportovní výkonnosti, plánování tréninku a dalších. Tento dlouhý seznam testů zahrnuje testy rychlosti, agility, schopnost opakovaného sprintu, VO_{2max} a Yo-Yo intermitentní test (Haugen & Seiler, 2015). Důležitou skutečností při testování hráčů je podle Psotty et al. (2006) jasná představa o smyslu testování a návazný výběr správného testu k dané skupině či jednotlivci.

Chceme-li pojmenovat druhy pohybově výkonové diagnostiky, lze uvést nejužívanější dělení a to na diagnostiku laboratorní a terénní. Každý z těchto přístupů má své výhody a nevýhody (Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006). Vědní a sofistikovanější testování je podle Hellera (1997) to laboratorní, které díky svým standardním podmínkám, možností přesněji odečítat biologické signály a fyzikální výkon vykazuje vysokou přesnost a účinnost měření. Za nevýhody je považována vyšší cena diagnostiky, omezená kapacita laboratoře či výzkumného centra a obtížnost přenosu získaných informací do tréninkového procesu (Psotta et al. 2006).

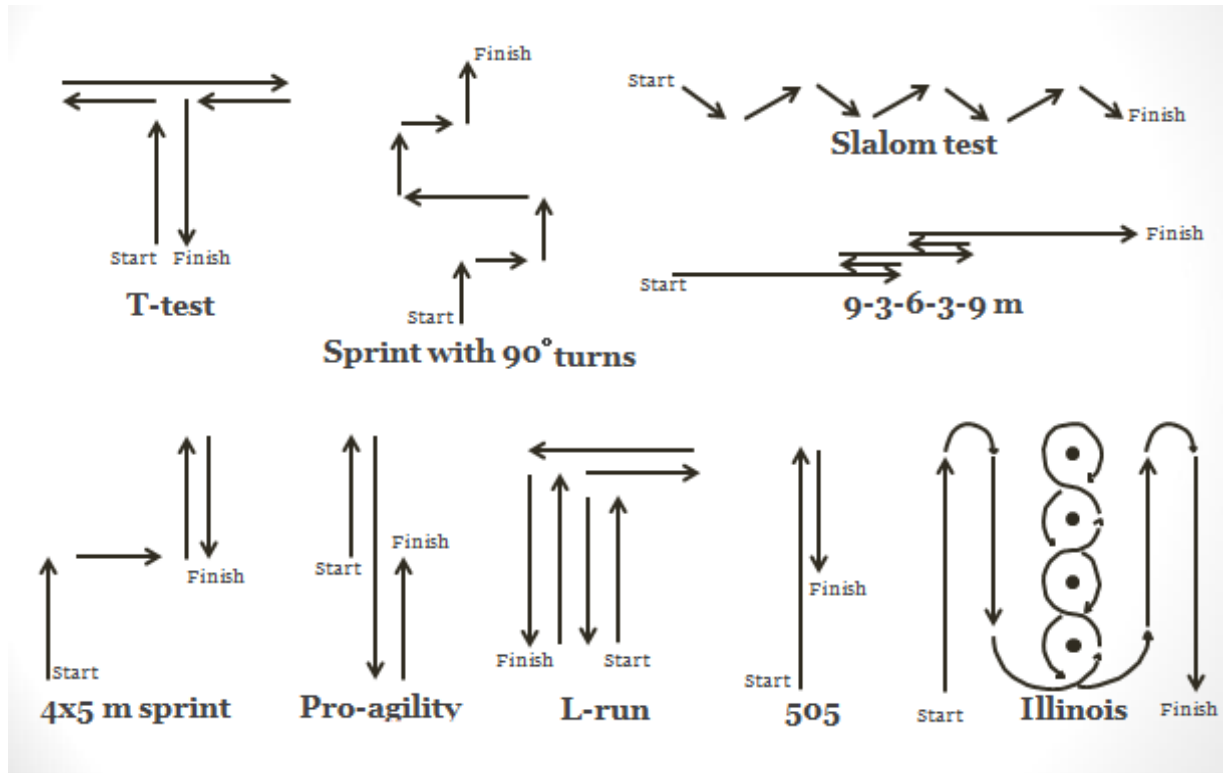
V případě terénních testů využíváme nejčastěji přirozeného prostředí sportovců. I když je to u hráčů fotbalu fotbalové hřiště, můžeme toto prostředí zaměnit za tělocvičnu, park a podobně (Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006). Úkolem terénního testu je simulace autentického zatížení hráče během utkání, při které budou hráči schopni podat dobře hodnotitelný výkon. Pozitivní stránkou je bezesporu konkrétní použití výsledků v tréninku, nižší náklady na financování, větší dostupnost terénu a možnost realizace při větším počtu hráčů. Značnou nevýhodu vidí Psotta et al. (2006) v závislosti terénní diagnostiky na klimatických podmínkách a často i nižší přesnosti výsledků. Nejvýhodnější variantou je dle Měkoty a Kováře (1995) využití obou zmíněných měření.

Dalším kritériem dělení testů jsou podle Měkoty a Blahuše (1983) testy individuální, kdy je testována pouze jedna osoba a testy kolektivní, kterých se účastní celý kolektiv současně.

2.1.4.1 Diagnostika agility

Schopnost rychlé změny směru pohybu napomáhá k úspěšnému výkonu hráče v daném herním prostoru. Díky tomu se trénování a diagnostikování agility stalo předmětem tréninkových programů a středem pozornosti mnoha studií. Většina výzkumů zaměřená na agility hráčů byla použita k popisu jakékoliv kombinace brzdění, změny směru, a opětovného zrychlení ve vertikální či horizontální poloze v reakci na stimul (Hachana et al., 2014). Testy agility mohou trenérům a kondičním specialistům poskytnout informace sloužící k diagnóze specifických kondičních nedostatků hráčů, zobrazení možných zdravotních rizik v důsledku namáhavého cvičení, poskytnutí návrhu pro jednotlivá herní cvičení či posouzení kondice v jednotlivých tréninkových obdobích (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010). Hlavním cílem testování této schopnosti je jednoduše změřit rychlost změny směru pohybu a pozice těla v horizontální rovině (Sheppard & Young, 2006). I když podle Sporis et al. (2010) neexistují vymezené testy pro měření agility ve fotbale, nejběžněji používaným testem k měření agility ve fotbale je T-test. Na obrázku 9 můžete vidět nejběžněji používané testy

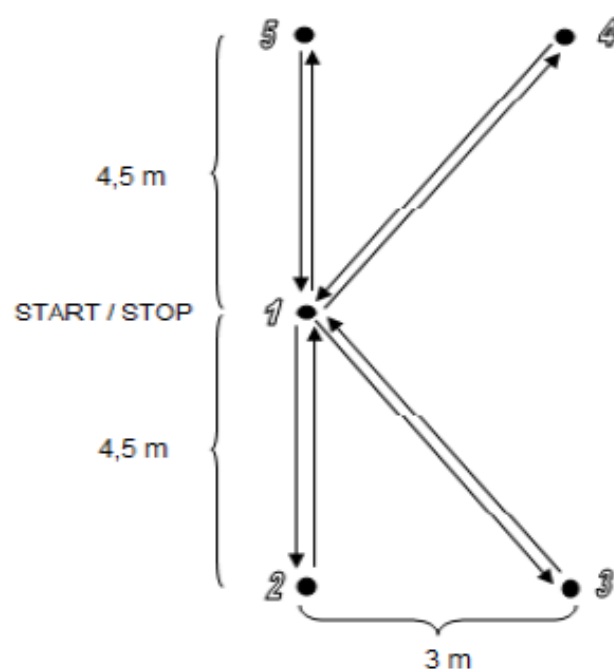
pro měření agility ve fotbale. Tyto testy tvoří reálnou situaci na hřišti, neboť hráči musí běžně změnit směr pohybu každé 2 až 4 s a provést 1200-1400 změn směru pohybu během utkání (Sporis et al., 2010).



Obrázek 9. Testy agility ve fotbale (Haugen & Seiler, 2015)

2.1.4.1.1 K-test

Jeden z testů agility, který není uveden na obrázku 9 a zároveň je předmětem této diplomové práce nazýváme K-test. Jedná se o test, založený na stejném principu jako testy předcházející. Rozmístění kuželů a vybrané spojnice mezi nimi nám zobrazuje tvar písmene K, jak také můžete vidět na obrázku 10. Rozměr mezi kužely 1-2 a 1-5 je 4,5 m a mezi 2-3 a 5-4 je 3 m. Úkolem hráče je překonat dráhu K-testu v co možná nejkratším čase. Testovaný jedinec začíná a končí u kužele č. 1. Od kužele č. 1 běží ke kuželu č. 2 a vrací se zpět. To stejné pak platí ke kuželům č. 3, 4 a 5, kdy se jedinec vždy vrací ke kuželu č. 1. Hráč se vždy musí daného kužele (výška 35 cm) dotknout rukou.



Obrázek 10. K-test (Malý, Zahálka, Malá, & Teplan, 2014)

Ve studii Malého, Zahálky, Malé a Teplana (2014) byl tento test aplikován při diagnostice agility u českých elitních fotbalistů kategorie U16. Průměrný výkon hráče K-testu této studie byl $10,65 \pm 0,37$ s, z toho nejlepší výkon dosáhl záložník s časem 10,05 s, kdežto nejhorší výkon byl naměřen u brankáře, který činil 11,43 s.

Výsledky testů agility nekorelovaly s výsledky testů maximální rychlosti (Tsitskarsis Theoharopoulos, & Garefis, 2003). Podle Younga, McDowella a Scarletta (2001) se v podstatě jedná o dvě odlišné rychlostní schopnosti. Tréninkem maximální rychlosti nezlepšíme výkon agility a taktéž trénink agility nezlepší výkon maximální rychlosti. V důsledku toho je specifická tréninku a diagnostiky, dle specifických požadavků sportu, více než nutná (Young et al., 2001). V současnosti jsou sportovní vědci a trenéři omezeni na měření agility bez zahrnutí kognitivní složky, je proto důležité, aby výzkum v budoucnu vytvořil reliabilní a validní test agility zahrnující i složku kognitivní (Sheppard & Young, 2006).

2.2 Testování a standardizace motorických testů

„Klasická teorie testování je teorie mezioborová, která studuje testy tak, že různé vlastnosti testů vyjadřuje pomocí statistických charakteristik a zkoumá jejich vztahy jak navzájem, tak především vzhledem k nějaké účelové vlastnosti testu“ (Zháněl, 2005, 64). Zaciorskij (1981) charakterizuje test jako zkoušku nebo měření jedince s cílem určit jeho stav. Testy, jejichž „obsahem je pohybová činnost, vymezená pohybovým úkolem testu a příslušnými pravidly“ (Měkota & Blahuš, 1983, 18), se nazývají motorické. Obsah testů je velmi různorodý: od elementárního úkolu až po složitou pohybovou kombinaci či déletrvající cyklickou činnost (Hájek, 2001). Podle Měkoty, Kováře a Štěpničky (1988) je motorický test standardizovaný postup (zkouška), jehož obsahem je pohybová činnost a výsledkem číselné vyjádření průběhu či výsledku dané činnosti. Testování tedy znamená provedení zkoušky podle zadání (ve smyslu procedury) a přiřazování čísel (hodnot) získaných měřením (Hájek, 2001). „Testy se od jiných zkoušek odlišují zejména standardizací a statistickým přístupem k vyjádření a vyhodnocení výsledků, jež nazýváme testová skóre“ (Měkota et al., 1988, 124).

Standardizovaný test je podle Podlahové et al. (2012) takový, který je profesionálně připraven, byl zkonstruován na dostatečném vzorku osob, má manuál pro práci s testem, přesné pokyny pro zadávání a hodnocení a je výzkumně ověřen. Cílem testování je sestavení kvalitních testů s vhodnými vlastnostmi. Mezi základní kritéria kvality testování patří validita, reliabilita a objektivita, mezi vedlejší pak normování, srovnatelnost, ekonomičnost a užitečnost (Zháněl, 2005). Hlavní kritéria jsou považována za požadavky nepostradatelné a mající zásadní význam, zatímco vedlejší kritéria jsou pokládána za požadavky podmíněné (Bös, 2001).

Člověka, který je podrobován testování, nazýváme testovanou osobou nebo probandem a ten, kdo testování provádí, je nazýván testujícím či examinátor (Měkota & Blahuš, 1983). Zadání, examinátor a prostředí (pomůcky, přístroje apod.) vytvářejí testovou situaci, která má

být reprodukovatelná. V širším smyslu je standardizace souhrnem informací o důležitých vlastnostech testu a normách, které získal konstruktér při statistickém ověřování testu (Měkota & Blahuš, 1983). Pokud testy vyhovují požadavkům standardizace, mohou být doporučeny pro široké používání (Zaciorskij, 1981). V tělovýchovném výzkumu jsou výsledky motorických testů podkladem pro přijímání nebo zamítání vědeckých hypotéz (Měkota & Blahuš, 1983).

2.3 Validita

„Českým ekvivalentem pojmu „validita“ je „platnost“. Měření má dobrou kvalitu tehdy, jestliže měří skutečně to, co podle předpokladu měřit má“ (Chráska, 2016, 32). Validita tedy vyjadřuje do jaké míry je vystižena určitá vlastnost, která je daným testem hodnocena (Zaciorskij, 1981). Hendl (2004, 48) uvádí, že „validita odkazuje na přiměřenost, smysluplnost a užitečnost specifických závěrů.“ Pro exaktní posouzení validity měření je potřeba mít k dispozici nějaké jiné vnější kritérium, které se s daným měřením srovnává (Chráska, 2016). Validitu testu definujeme pomocí korelačního koeficientu r_{xy} (Řehák, 1998), který nabývá hodnot od 0,00 do 1,00 (Blahuš, 1989). Rozlišujeme validitu ke kritériu, která může být vztažena k jednomu testu nebo k testové baterii a validitu bez kritéria, která může být obsahová či zjevná a ostatní druhy validity jako např. inkrementální, dílčí, predikční a teoretická (Hůlka, n. d.). Podle Westena a Rosenthala (2003) je konstrukční validita často používána jako zastřešující termín zahrnující všechny typy validity.

2.4 Reliabilita

Reliabilita se často nahrazuje pojmy spolehlivost, homogenita, stabilita, přesnost, konzistence nebo také stálost, nicméně žádný s těchto pojmů reliabilitu plně nevystihuje (Chráska, 2007). Podle Chrásky (2007) je měření reliabilní až tehdy, pokud při opakování daného testování za stejných podmínek naměříme zhruba stejné výsledky. Měkota a Blahuš (1983) definuje reliabilitu jako soulad měření, míru shody při opakovaném měření, či absenci

chyby měření. Kritérium pro měření reliability má dva aspekty: testování je spojené s očekáváním stability, což znamená, že jednotlivé výsledky měření stálých vlastností se nebudou měnit v čase měření, a dále jednotlivé složky jsou spojené s očekáváním jejich přesnosti (Ritomský, 2012). Atkinson a Nevill (1998) vychází z předpokladu, že každé měření se skládá z pravé složky a chybové složky, a proto za spolehlivost je možno považovat až množství přijatelných chyb měření využitelných pro praktické použití.

$$X = X' + \Delta X$$

Vysvětlivky: X – výsledek měření

X' – pravá (pravdivá) složka

ΔX – chybová složka

Jestliže provádíme měření téže fyzikální veličiny za stejných podmínek opakovaně, obdržíme zpravidla odlišné hodnoty. Měřené veličině však náleží pouze jedna správná hodnota. Každou odchylku naměřené hodnoty X' po odečtení od správné hodnoty X nazýváme obecně chybou měření ΔX , tj. $\Delta X = X - X'$ (Novák, n. d.). Tölg et al. (2002) rozděluje chyby na absolutní a relativní a dle původu chyby na systematické a náhodné. Novák (n. d.) uvádí, že pokud udáme chybu rozdílem správné veličiny a naměřené veličiny, potom hovoříme o chybě absolutní. Absolutní chyba je veličina, která má rozměr měřené veličiny a tudíž má i stejné jednotky. Jestliže vyjádříme chybu relativně vůči měřené hodnotě, potom se jedná o chybu relativní. Relativní chybou δ měřené veličiny se rozumí poměr absolutní chyby ΔX a správné hodnoty X této veličiny. Pro definici relativní chyby tedy platí $\delta X = \frac{\Delta X}{X} = \frac{X - X'}{X}$ (Novák, n. d.). Relativní chyba se často uvádí v procentech, neboť se jedná o bezrozměrnou veličinu (Novák, n. d.).

Systematické chyby zkreslují výsledek měření určitým způsobem a s jistou pravidelností, což se projevuje zejména tím, že vedou k hodnotám, které jsou trvale vyšší, nebo trvale nižší,

než je hodnota správná (Neustupa, 2015). Ty mohou být podle Hendla (n. d.) proměnlivé, např. únava hráčů po zápasu z minulého dne, nebo konstantní, např. kdy víme, že jistý rozhodčí vždy podhodnocuje apod. Zvláštním případem proměnlivých systematických chyb jsou chyby periodické, např. v důsledku týdenního tréninkového cyklu (Hendl, n. d.). Podle Nováka (n. d.) jsou náhodné chyby jiného typu než chyby systematické. Vyloučí-li se systematické chyby z měřicího procesu a opakuje se měření nějaké veličiny za stejných podmínek, zjistíme, že výsledné hodnoty jednotlivých opakovaných měření téže veličiny se navzájem poněkud liší (Novák, n. d.). Tyto chyby nejsou pravidelné a nedokážeme určit jejich přesnou příčinu (Neustupa, 2015).

Každá nahodilá chyba je souhrnem chyb elementárních způsobena mnoha faktory. Tyto chyby můžeme rozdělit podle Měkoty a Blahuše (1983) v důsledku:

- a) nestálosti podmínek prostředí – zde můžeme zařadit změny teploty, osvětlení, tlaku vzduchu a dalších,
- b) nestálosti vlastností testovaných osob – mezi nejdůležitější činitele řadíme motivaci sportovce a jeho psychickou labilitu, zdravotní stav a fyzickou připravenost k výkonu,
- c) nestálosti zařízení a pomůcek používaných při testování – zde hovoříme o nepřesnosti měřících přístrojů, technických selhání, ale také o odbornosti a důslednosti examinatora (Měkoty & Blahuše, 1983).

Stupeň měření reliability se vyjadřuje koeficientem reliability. Jedná se o číslo, které nabývá hodnoty od 0 do +1, přičemž platí, že 0 vyjadřuje nulový stupeň reliability a 1 vyjadřuje maximální stupeň reliability (Chráška, 2007). Určení výše hodnoty koeficientu reliability můžeme dosáhnout dvěma způsoby: posouzením jeho výše k směrodatné odchylce, nebo stanovením přípustné tolerance chyby (Štochl & Musálek, 2009). Tento koeficient je vyjadřován koeficientem korelace r_{xx} , jehož hodnoty můžete vidět v tabulce 5.

Tabulka 5. Posouzení reliability podle koeficientu korelace (Bös, 2001)

Koeficient korelace r_{xx}	Reliabilita
$\geq 0,90$	Vysoká spolehlivost
0,89 – 0,80	Dobrá spolehlivost
0,79 – 0,70	Přijatelná spolehlivost
0,69 – 0,60	Velmi nízká spolehlivost
$\leq 0,60$	Nedostatečná spolehlivost

Koeficient reliability je možno určit mnoha způsoby. Chráska (2007) uvádí jen některé v praxi často používané postupy:

- 1) Metoda opakovaného měření: spočívá v opakovaném měření stejným měrným nástrojem za stejných testových podmínek. Koeficient reliability se zde určuje jako koeficient korelace mezi prvním a druhým měřením (Chráska, 2007).
- 2) Metoda paralelního měření: se provádí opakovaným měřením za použití různých měrných nástrojů. Je potřeba mít k dispozici dvě ekvivalentní formy testu, které měří stejnou vlastnost a zároveň mají stejný chybový rozptyl (Ritomský, 2012). Koeficient reliability se v tomto případě vypočítá jako korelační koeficient pro obě měření (Chráska, 2007).
- 3) Metoda půlení (half-split method): se používá u měření, kde lze výsledky testu rozdělit na dvě části, z nichž každá se vyhodnocuje samostatně. Přepokládáme, že testy měly vlastnosti paralelních testů (Ritomský, 2012). Výsledky obou částí dosažené oběma polovinami se následně měrného nástroje korelují a ze stupně korelace pak vycházíme při stanovení koeficientu korelace (Chráska, 2007).

- 4) Stanovení reliability pomocí Cronbachova koeficientu alfa: tato metoda vychází podle Chráska (2007) s tzv. dvojnásobné analýzy rozptylu, která je dostupná při zpracovávání výsledků měření nejnovějšími statistickými programy (např. STATISTICA 12.0).

Podle Atkinsona a Nevilla (1998) nejčastěji používané analytické metody v tělovýchovném lékařství k posouzení reliability představují t-testy, ANOVA nebo použití korelačních koeficientů (Pearsonův koeficient a koeficient vnitrotřídní korelace). K vyjádření, že se výsledky nezmění neboli odhadu chyby měření, se používá střední chyba měření, koeficient variace, nebo limity shody (Baláš, 2016).

2.4.1 Vztah mezi reliabilitou a validitou

Validita je společně s reliabilitou součástí teorie měření a metodologie. Jsou důležitými prvky při hodnocení kvality výsledných dat. Aby testování mělo pro diagnostiku a výzkum význam, test musí být reliabilní a mít validní interpretaci testových hodnot (Ritomský, 2012). Vzhledem k tomu, že test musí něco měřit a neprodukovat významné chyby, hovoříme, že reliabilita je hranicí validity (Ritomský, 2012). Dostatečně vysoká reliabilita je nutnou podmínkou dobré validity měření, avšak vysoká reliability ještě nezaručuje dobrou validitu Chráska (2016). Vztah mezi reliabilitou a validitou je stejný tak jako vztah mezi přesností a správností. Velikost reliability navíc určuje maximální možnou teoretickou validitu testu, neboť validita nemůže být vyšší než odmocnina z reliability (Urbánek, 2002).

2.4.2 Statistické metody pro posuzování reliability ve sportu

Je velice důležité zajistit, aby testování sportovního výkonu bylo adekvátně reliabilní a validní (Atkinson & Nevill, 1998). Prostřednictvím statistického zpracování výsledků, které nám poskytuje cenné informace k následnému vyhodnocování zjištěných dat, můžeme usoudit míru reliability testu. Bylo navrženo mnoho statistických metod k posouzení testů sportovního

výkonu. Nejvíce využívané metody pro zjištění reliability testu ve sportovní vědě můžete vidět v tabulce 6.

Tabulka 6. Vybrané nejčastěji používané statistické metody pro hodnocení reliability ve sportu (Atkinson & Nevill, 1998)

Typ statistické analýzy
Párový t-test
ANOVA
ICC (Vnitrotřídní korelační koeficient)
Pearsonův korelační koeficient
AE (Absolutní chyba)
CV (variační koeficient)
SEM (standardní chyba průměru)
Regresní analýza

Baumgartner (1989) identifikoval 2 typy reliability: relativní a absolutní. Relativní reliability popisuje existenci vzájemného vztahu mezi opakovaným měřením. Jedná se o typ reliability, který se obvykle odhaduje s nějakým typem korelačního koeficientu. Baláš (2016) považuje za koeficienty relativní reliability ICC (Vnitrotřídní korelační koeficient) a Pearsonův korelační koeficient. Absolutní reliability je statistická veličina, která popisuje velikost rozdílu v opakovaném měření. Vychází z konceptu posouzení změny hodnot na její škále (Hendl, 2004). Obecnou výhodou této veličiny, oproti ukazateli relativní reliability, je v její jednoduchosti. Absolutní reliability se vyjadřuje buď v jednotkách měření, nebo jako podíl z naměřených hodnot. Mezi statistické metody, které vyjadřují absolutní reliability Baláš (2016) zařazuje standartní chybu měření (udávána v jednotkách měření), koeficient

variace (%) a limity shody (Bland-Altmanův graf). V případě, že provádíme měření opakovaně za sebou, může se stát, že získáme vysokou korelaci mezi prvním a následnými pokusy. Příčinou v tomto případě může být vliv učení, ztráta motivace, únavový efekt, nálada a jiné (Atkinson & Nevill, 1998).

2.4.2.1 Testování hypotéz

Statistická hypotéza je tvrzení, které se týká pravděpodobnostního rozdělení, případně parametrů náhodné veličiny. Každá úloha testování hypotéz je formulována tak, že proti sobě stojí dvě hypotézy, a to hypotéza H_0 (nulová) proti alternativní hypotéze H_1 (Petrášková & Mrkvička, 2006).

Na základě hodnot z realizace náhodného výběru činíme rozhodnutí o platnosti hypotézy o hodnotách parametrů rozdělení nebo o jeho vlastnostech. Používáme k tomu vhodně zvolené funkce náhodného výběru (statistiky), jejíž rozdělení známe a na jejichž hodnotách se projevují sledované vlastnosti (Průcha, n. d.).

2.4.2.1.1 T-test

T-test je nejznámější a zdaleka nejrozsáhlejší metodou matematické statistiky. Slouží k tomu, aby se otestovali hypotézy o velikosti průměru (Krämer, 2002). Studentův t-test se používá ke srovnání hodnot průměru dvou souborů, nebo dvou částí jednoho souboru a testuje hypotézu o jejich shodě (Řehák & Brom, 2015). Párový t-test se používá, když každý subjekt slouží jako vlastní kontrola (měření před a po u téhož probanda snižuje variabilitu a zvyšuje tak statistickou sílu) (Barash, Cullen, Stoelting, & Cahalan, 2009). Podle Řeháka a Broma (2015) porovnává průměry jednoho souboru. Může se jednat o časově posunutá pozorování jedné proměnné, dvě stejnou škálou, o dva typy spřažených objektů či situaci před opatřením a po opatření (Řehák & Brom, 2015). Nepárový t-test se používá, když se měření provádí na dvou skupinách subjektů (Barash et al., 2009).

2.4.2.1.2 ANOVA (Analýza rozptylu)

Nejvšestrannější přístup ke srovnání průměrů mezi více než dvěma skupinami se nazývá analýza rozptylu (Barash, Cullen, Stoelting, & Cahalan, 2009). Jedná se o statistický nástroj, který nám umožňuje zkoumat závislost kvantitativního znaku na kvalitativním znaku (Mielcová, Stoklasová, & Ramík, 2012). Podle Hebáka a Hustopeckého (2007) analýza rozptylu představuje účinný statistický nástroj pro zkoumání vztahu mezi vysvětlovanými a vysvětlujícími proměnnými. Vysvětlující proměnné se nazývají faktory (Hebák & Hustopecký, 2007). Faktory nabývají pouze malého počtu obměn (úrovní), podle nichž lze hodnoty vysvětlovaných proměnných třídit do skupin (Neubauer, n. d.). Zkoumáme-li vliv jediného faktoru na jednu či více vysvětlovaných proměnných, hovoříme o jednofaktorové analýze rozptylu. Při více faktorech se jedná o vícefaktorovou analýzu (Hebák & Hustopecký, 2007). Jednorozměrná analýza rozptylu (ANOVA) předpokládá jedinou vysvětlovanou proměnnou, pomocí vícerozměrné analýzy rozptylu (MANOVA) zkoumáme vliv jednoho či více faktorů na několik vysvětlovaných proměnných současně (Hebák & Hustopecký, 2007).

Podstata analýzy rozptylu spočívá v tom, že celkový rozptyl rozložíme na dílčí rozptyly náležející příslušným jednotlivým vlivům, podle nichž jsou empirické údaje roztrženy (Pavelka & Klímek, 2000). Kromě dílčích rozptylů je jednou složkou celkového rozptylu tzv. reziduální rozptyl, způsobený nepostíženými vlivy (Mielcová, Stoklasová, & Ramík, 2012). Porovnáním složek rozptylu zkoumaného kvantitativního znaku určíme vlivy, které významně ovlivňují úroveň tohoto znaku (Pavelka & Klímek, 2000).

2.4.2.2 Pearsonův korelační koeficient (r)

Absolutní hodnota Pearsonova korelačního koeficientu ukazuje sílu lineární závislosti mezi dvěma veličinami (Zvára, 2013). „Takto definovaná kovariance je závislá na rozptylu veličin x a y“ (Procházka, 2015, 125). Korelační koeficient nabývá hodnot pouze z intervalu od -1 do 1. Svých extrémních hodnot dosahuje tento koeficient jen tehdy, pokud všechny body (x, y) leží na nějaké přímce (Zvára, 2013). Nulová hodnota znamená naprostou nezávislost proměnných (Thomas, Nelson, & Silverman, 2005). Jedná se o bivariační statistiku, proto je nevhodné využívat ho pro více měření, což může být bráno jako jeho nedostatek. Dalšími limity jsou necitlivost na změny průměrů mezi jednotlivým opakováním měření a necitlivost na homogenitu výzkumného souboru (Baumgartner, 2000).

$$r = r_{x,y} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \right) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Obrázek 11. Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu (Procházka, 2015)

2.4.2.3 Vnitrotřídní korelační koeficient ICC

Vnitrotřídní korelační koeficient zahrnuje a poskytuje odhady o systematických chybách měření (změny průměrů), náhodných chybách a chybách rozptylu (Hopkins, 2000). Podle Kračmara, Chrástkové a Bačákové (2016) vnitrotřídní korelace poukazuje, nakolik se liší hodnoty na úrovni jednotlivých pokusů a nakolik vcelku. Jeho využití je doporučováno v případech, kdy se jedná o heterogenní, malý výzkumný soubor. Jestliže testujeme homogenní výzkumný soubor (je zde malý vnitroskupinový rozdíl), výsledná hodnota ICC je vždy nízká (Strejcová, Baláš, & Süß, 2010). Tak jako jiné korelační koeficienty tak i CCI nabývá hodnot od -1 do 1 (Baker & Hart, 2008). Procedury, které vedou k výpočtu CCI, jsou stejné jako výpočet analýzy rozptylu (ANOVA) s opakovaným měřením (Thomas, Nelson, & Silverman, 2005).

2.4.2.4 Standardní chyba průměru (SEM)

Je směrodatná odchylka ve statistice často používaná míra statistické proměnlivosti. Jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru (Sedlačík, Neubauer, & Kříž, 2016). Podle Walkera (2010, 75) „je typickou či průměrnou mírou odchylky v řadě čísel: je to typická míra, o niž se každé číslo střední hodnoty odlišuje“. Směrodatná odchylka někdy taky nazývaná standartní odchylka je označována jako S , D nebo S_n a je druhou odmocninou rozptylu (Procházka, 2015).

$$S_n = \sqrt{S_n^2}$$

Směrodatná odchylka tedy vypočítá odchylky jednotlivých hodnot od aritmetického průměru a vyhodnotí rozptyl vzhledem výsledků k hodnotě průměru (Schels, 2009). Je vyjádřena ve stejných jednotkách, jako je sledovaný znak. Tvoří-li např. statistický soubor výkony ve skoku do výšky vyjádřené v cm, má i směrodatná odchylka jednotku cm, rozptyl je potom vyjádřen v jednotkách cm^2 (Sedlačík, Neubauer, & Kříž, 2016).

2.4.2.5 Variační koeficient (CV)

V praxi používané relativní vyjádření míry polohy směrem k měřítku se nazývá variační koeficient (Procházka, 2015). Ten udává relativní míru rozptylu nezávislou na velikosti (Schels, 2009). Variační koeficient je v podstatě procentuální hodnota směrodatné odchylky vztažená na průměr (Procházka, 2015). Používá se k porovnání variability souborů dat, které se značně liší mírou polohy (Zvára, 2013). Podle Procházky (2015) se často využívá pro logaritmicko-normální rozložení. Variační koeficient je definován jako poměr směrodatné odchylky a aritmetického průměru (Sedlačík, Neubauer, & Kříž, 2016).

$$V_x = \frac{S_n}{X}, X \neq 0$$

2.4.2.6 Regresní analýza

Regresní analýza je statistická metoda pro zkoumání vztahů mezi více proměnnými (Kuchynka et al., 2007). Patří k nejpoužívanějším metodám statistické analýzy vícerozměrných dat (Sedlačík, Neubauer, & Kříž, 2016). Většinou se zjišťuje příčinný vliv jedné naměřené veličiny na druhou tak, aby bylo možno předpovídat danou proměnnou z jiných naměřených proměnných veličin (Kuchynka et al., 2007). Sedlačík et al. (2016) nabízí možnost vyjádření vztahu mezi proměnnou, kterou chceme popisovat (vysvětlovaná proměnná či odezva), a množinou vysvětlujících proměnných (regresorů) pomocí regresní funkce. Regresivní analýza rozlišuje proměnné závislé a nezávislé (Kozel, Mynářová, & Svobodová, 2011).

„Statistickou závislost se snažíme popsat pomocí nějakého obecného modelu. Ten vytváříme hledáním funkce a jejího matematického tvaru (regresivní rovnice), pomocí níž dokážeme vysvětlit konkrétní závislost co možná nejpřesněji“ (Kozel, Mynářová, & Svobodová, 2011, 126). Regrese má mnoho variant dle počtu prediktorů (jednoduchá, vícenásobná), vysvětlujícího modelu (lineární, nelineární) nebo typu proměnných, se kterými pracuje (Kozel et al., 2011). Metody této analýzy jsou využívány v situacích, kdy nás zajímá závislost určité kvantitativní (spojité) proměnné na jedné nebo více dalších kvantitativních (spojitých) proměnných, tzv. regresorech (Statsoft, 2014).

2.4.2.7 Limity shody (Bland-Altmanův graf)

V roce 1983 Altman a Bland publikovali práci, která navrhuje alternativní metodu analýzy. Tato technika je vhodná k analyzování dat ve studiích porovnávajících metody. Základem přístupu Blanda a Altmana je posouzení diferencí mezi dvěma metodami (Dohnal, 2002). Tito autoři považují za optimální grafické znázornění dat pomocí modifikace grafu residuálních hodnot pro regresi, kdy nanášíme na osu y residuální hodnotu a na osu x hodnotu prediktoru (Hendl, 1997). Bland-Altmanův graf, nazývaný též rozdílový graf, adekvátněji hodnotí

nepodobnost měření oběma metodami. Je dnes populárnější než Demingův graf, který byl navržen mnohem dříve. Tento graf se doporučuje, jestliže náhodná chyba metody roste s rostoucími hodnotami x (Hendl, 1997).

Přesnost je možné popsat pomocí limitů shody, to jest konfidenčního intervalu jednotlivých rozdílů mezi těmito dvěma metodami. Limity shody jsou dány průměrným rozdílem zvětšený resp. zmenšený typicky o dvojnásobek směrodatné odchylky rozdílů. Pro malé soubory dat je vhodné použít 95% oboustrannou hodnotu t -rozdělení s $(n-1)$ stupni volnosti jako konstantu, kterou se při výpočtu limitů shodnosti vynásobí směrodatná odchylka (Dohnal, 2002).

2.5 Využitelnost (usefulness)

Využitelnost je spolu s reliabilitou důležitá vlastnost testu ke zvážení v případě výběru testu za účelem vyhodnocení sportovní výkonnosti (Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Suarez-Arrones, Arjol-Serrano, Casajús, & Mendez-Villanueva, 2015). Koncept využitelnosti je důležitý pro zvýšení významu terénního testu, neboť umožňuje prakticky monitorovat zlepšení výkonu hráče (Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Arjol-Serrano, & Mendez-Villanueva, 2014).

2.6 Senzitivita (responsiveness)

Senzitivita je považována za nejvíce zásadní vlastnost hodnotící nástroje (Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Suarez-Arrones, Arjol-Serrano, Casajús, & Mendez-Villanueva, 2015). Přehled literatury naznačuje, že jsou dva hlavní druhy senzitivity, z nichž každý má svou vlastní definici a strategii pro posuzování. V prvním případě se jedná o vnitřní senzitivitu, která je charakterizována velikostí změny výsledku měření během určitého předem stanoveného časového rámce. V druhém případě senzitivitu definujeme jako vnější. Jedná se o změnu výsledku měření odpovídající změně vnějšího ukazatele (Husted, Cook, Farewell, & Gladman, (2000).

3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl práce

Cílem práce je posouzení reliability, využitelnosti a senzitivity motorického testu K-test, který je sestaven za účelem hodnocení úrovně agility u hráčů fotbalu kategorie U16, U17 a U19, zařazených do systému SCM.

3.2 Dílčí cíle práce

1. Posouzení relativní reliability motorického testu K-test.
2. Posouzení absolutní reliability motorického testu K-test.
3. Posouzení využitelnosti a senzitivity motorického testu K-test.

3.3 Úkoly práce

1. Prostudovat a shrnout odbornou literaturu.
2. Zajistit výzkumný soubor.
3. Zrealizovat naplánovaná měření u hráčů.
4. Ověřit vlastnosti získaných dat
5. Zpracovat a interpretovat výsledky.

3.4 Výzkumné otázky

Otázka 1: Jaká je úroveň relativní reliability motorického testu K-test?

Otázka 2: Jaká je úroveň absolutní reliability motorického testu K-test?

Otázka 3: Jaká je využitelnost a senzitivita motorického testu K-test?

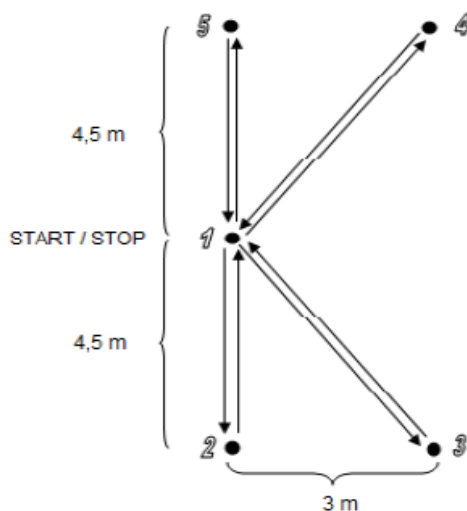
4 METODIKA

4.1 Výzkumný soubor

Testování se dobrovolně zúčastnilo 60 mladých, vysoce trénovaných hráčů fotbalu (věk, $16,9 \pm 1,3$; výška $177,1 \pm 4,6$ m; hmotnost $68,7 \pm 4,6$ kg) mládežnických týmů kategorie U16, U17 a U19, zařazených do systému SCM. Jedná se tedy o hráče hrající nejvyšší juniorské a dorostenecké soutěže a hráče hrající v daných kategoriích druhou nejvyšší soutěž. Ze studie byli vyřazeni hráči, kteří se nezúčastnili všech měření a brankáři.

4.2 Metody sběru dat

V práci byly využity empirické metody sběru dat s využitím vybraného motorického testu K-test zaměřený na posouzení agility u hráčů fotbalu. K-test můžete vidět na obrázku 12. Vybrané spojnice mezi kužely nám zobrazují tvar písmene K. Rozměr mezi kužely 1-2 a 1-5 je 4,5 m a mezi 2-3 a 5-4 je 3 m. Úkolem hráče je překonat dráhu K-testu v co možná nejkratším čase. Testovaný jedinec začíná a končí u kužele č. 1. Od kužele č. 1 běží ke kuželi č. 2 a vrací se zpět. To stejné pak platí ke kuželům č. 3, 4 a 5, kdy se jedinec vždy vrací ke kuželi č. 1. Hráč se vždy musí daného kužele (výška 35 cm) dotknout rukou.



Obrázek 12. K-test (Malý, Zahálka, Malá, & Teplan, 2014)

4.3 Postup měření, záznam a korekce dat

Testování proběhlo v červenci a srpnu 2016 na travnatém povrchu tréninkového centra daného klubu, kde hráči pravidelně v letním přípravném období trénují. Ověření vlastností motorického testu K-test bylo provedeno formou test re-test. Testování bylo opakováno celkem čtyřikrát, první tři měření byly uskutečněny s odstupem dvou dnů na začátku přípravného období a čtvrté měření proběhlo na konci 6týdenního přípravného období, zaměřeného na kondiční a herní přípravu družstev. Všechna měření byla provedena vždy na začátku hlavní části tréninkové jednotky. Před testováním nebyla zvýšena fyzická zátěž a test byl proveden ve stejnou denní dobu.

Před začátkem měření byli všichni testovaní hráči seznámeni s průběhem testování, anonymitou při zpracování dat a s možností kdykoliv měření ukončit. Všichni podepsali informovaný souhlas. V prostoru šaten byly naměřeny somatické parametry – výška (cm) a hmotnost (kg). K měření tělesné výšky byl využit antropometr Tanita HR-001. K měření tělesné hmotnosti byl využit přístroj Tanita UM 075. Měření tělesné výšky bylo prováděno s přesností na 1 cm a tělesné hmotnosti na 0,1 kg.

Rozcvičení mělo ve všech případech měření charakter běžného rozcvičení hráčů fotbalu této kategorie. Nejdříve proběhlo zahřátí s míčem a krátkými přihrávkami po dobu přibližně 5 minut. Poté následoval dynamické strečink zaměřený na všechny svalové partie a krátká rychlostní cvičení.

Testování probíhalo ve stejném pořadí hráčů, kde hráči měli vždy dva pokusy, mezi kterými měli dostatečně dlouhý interval odpočinku. Započítán byl pouze lepší výsledek. Čas provedení K-testu byl měřen pomocí elektronických fotobuněk (PR1aW, Alge-Timing GmbH, Austria).

4.4 Statistické zpracování dat

Dané charakteristiky byly statisticky zpracovány a vypočteny prostřednictvím statistického programu SPSS (17.0 verze; SPSS Inc., Chicago, IL). Pro souhrnný popis výkonnosti testovaných osob byly použity popisné statistiky: aritmetický průměr, směrodatná odchylka, maximální a minimální naměřená hodnota. Pro posouzení normality dat jsme využili Shapiro-Wilks test normality a pro posouzení homogenity dat pak Leveneův test homogenity. Pro detekci systematické chyby měření jsme použili jednofaktorovou analýzu rozptylu pro opakovaná měření (ANOVA). Statistická významnost pro všechny části analýzy byla stanovena na úrovni $p < 0,05$.

Absolutní reliabilitu jsme vyjádřili standardní chybou měření v absolutním vyjádření (SEM) a koeficientem variability v procentuálním vyjádření (CV). Pro výpočet standardní chyby měření (SEM) byl použit vzorec podle Thomase, Nelsona a Silvermana (2005): $SEM = SD\sqrt{1-ICC}$, kde SD je směrodatná odchylka rozdílu a ICC je vnitrotřídní korelační koeficient. Stupeň relativní reliability byl vyjádřen koeficientem vnitrotřídní korelace (ICC) podle Hopkinse (2000). Hodnota ICC byla stanovena vzorcem $ICC = (MSS-MSE) \cdot MS^{-1}$, kde MSS je průměrný součet čtverec předmětů a MSE je průměrná kvadratická chyba. 90% limity shody (CI) byly vypočteny podle přístupu Bland a Altman (1986).

Využitelnost testu (usefulness) jsme posuzovali porovnáním nejmenší využitelné změny měření (SWC), vypočítána jako $1,96 \cdot TE \cdot \sqrt{2}$ podle Mann, Ivey, Brechue a Mayhave (2014), se standardní chybou měření (SEM). Hopkins (2004) hodnotí využitelnost testu v případě hodnoty SEM nižší než hodnota SWC jako dobrou. Jestliže hodnota SEM nabývá přibližně stejné hodnoty jako SWC je test hodnocen jako OK. V případě hodnoty SEM vyšší než SWC test označujeme jako marginální. Senzitivita testu na změny způsobené intervencí (responsiveness) byla spočítána podle Husted, Cook, Farewell a Gladman (2000) pomocí

párového t-testu, kdy nulovou hypotézu (H_0) jsme zamítli při hodnotě $t_0 > 1,96$. Nulová hypotéza je postavena na tvrzení, že nedošlo k žádné změně vlivem intervence.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky měření K-testu

Přehled výsledků a zpracovaných dat jednotlivých měření K-testu vyjádřené průměrem, směrodatnou odchylkou, maximální a minimální hodnotou na začátku a na konci přípravného období obsahuje Tabulka 7.

Tabulka 7. Analýza výsledků měření K-testu na začátku a na konci přípravného období

	Měření	M±SD (s)	Min (s)	Max (s)
PreTest	1.	11,05±0,42	10,02	12,08
	2.	10,95±0,43	10,02	12,00
	3.	10,99±0,43	9,99	12,05
	M	11,00±0,43	9,99	12,08
PostTest	4.	10,78±0,33	10,00	11,78

Vysvětlivky: n – počet testovaných osob

M – aritmetický průměr

Min – nejlepší výkon

Max – nejhorší výkon

SD – směrodatná odchylka

preTest – testování na začátku přípravného období

postTest – testování na konci přípravného období

5.2 Podmínky pro zjištění vlastností měření K-testu

Tabulka 8. Hodnoty testu homogenity, normality a systematické chyby

	F	p (p < 0,05)
Leveneův test homogenity	0,63	0,43
Shapiro-Wilk test normality	0,99	0,36
Systematická chyba	1,47	0,23

Vysvětlivky: F – testové kritérium

p – hladina statistické významnosti

Statistická významnost pro všechny části analýzy byla stanovena na úrovni $p < 0,05$. Z tabulky 8 je patrné, že data splňují homogenitu rozptylu ($p = 0,43$), jedná se o normální rozložení dat ($p = 0,36$) a jednotlivá měření nebyla zatížena systematickou chybou měření ($p = 0,23$). Na základě těchto informací jsou splněny podmínky pro zjištění vlastností měření K-testu.

5.3 Hodnocení reliability K-testu

Tabulka 9. Míra reliability motorického testu K-test (n = 60)

Test	1. měření (M ± SD)	2. měření (M ± SD)	3. měření (M ± SD)	SEM (s) (90% CI)	SEM jako CV (%) (90% CI)	ICC (90% CI)
K-test	(11,05±0,42)	(10,95±0,43)	(10,99±0,43)	0,10 (0,092-0,13)	0,95 (0,91-0,97)	0,89 (0,83-0,93)

Vysvětlivky: n – počet testovaných osob

M – aritmetický průměr

SD – směrodatná odchylka

- SEM – střední chyba průměru
- TE – typická chyba měření
- CV – variační koeficient
- CI – konfidenční interval spolehlivosti
- ICC – vnitrotřídní korelační koeficient

ICC nabývá hodnoty 0,89 (90% CI: 0,83-0,93). S přihlédnutím k interpretaci stupně reliability podle Böse (2001) uvedená v kapitole 2.4, Tabulka 5., představuje tato hodnota ICC dobrou úroveň relativní reliability testu. Standardní chyba průměru v absolutním vyjádření (SEM) nabývá hodnoty 0,10 s (90% CI: 0,092-0,13). Koeficient variability v procentuálním vyjádření CV představuje hodnotu 0,95 % (90% CI: 0,91-0,97). Kritérium spolehlivosti bylo stanoveno podle Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Arjol-Serrano a Mendez-Villanueva (2014) na úrovni $CV < 5\%$. CV bylo zhodnoceno jako ukazatel vysoké úrovně absolutní reliability.

5.4 Využitelnost (usefulness) a senzitivita (responsiveness) K-testu

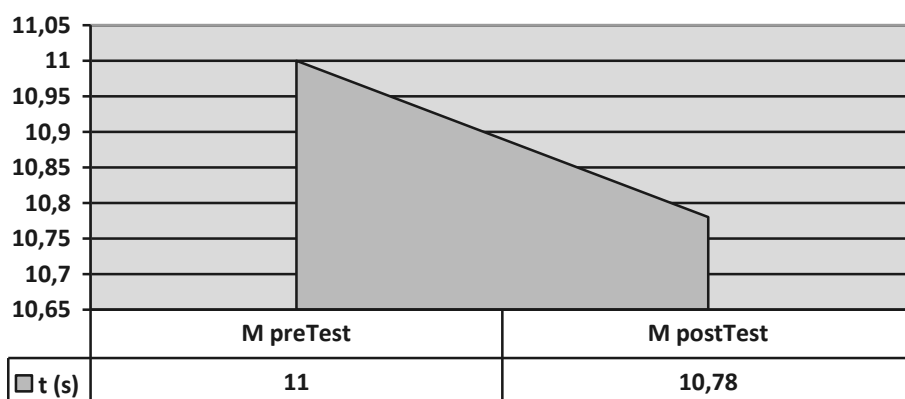
Tabulka 10. Využitelnost a senzitivita motorického testu K-test

Využitelnost (usefulness)		Senzitivita (responsiveness)		
SWC (s) (SEM < SWC)	SWC (%) (CV < SWC)	F	p (p < 0,05)	t ₀ (t ₀ > 1,96)
0,29 (dobrá)	2,68 (dobrá)	2,6	0,80	0,24

- Vysvětlivky:*
- F – testové kritérium
 - p – hladina statistické významnosti
 - t₀ – testové kritérium
 - SWC – nejmenší využitelná změna měření

Nejmenší využitelná změna měření (SWC) dosahuje hodnoty 0,29 s, nebo také 2,68 % (Tabulka 10). Protože hodnota SEM a také CV byla nižší než vypočítaná hodnota pro SWC, využitelnost K-testu byla hodnocena podle Hopkinse (2004) jako dobrá. Na základě výpočtu SWC motorický test K-test uvádí, že smysluplná změna na základě 6týdenní intervence by vyžadovala hráče snížit výsledný čas minimálně o 0,29 s, neboli o 2,68 %. Výsledek párového t-testu zastupujícího senzitivitu nabývá hodnoty $t_0 = 0,24$. Nulovou hypotézu bychom zamítli při hodnotě $t_0 > 1,96$ (Husted, Cook, Farewell, & Gladman, 2000). V našem případě byla nulová hypotéza potvrzena. Nebyla nalezena statisticky významná změna v měření, proto nelze považovat toto měření za dostatečně senzitivní.

Obrázek 12 graficky znázorňuje průměrné výsledky měření motorického testu K-test zaznamenaném na začátku a na konci přípravného období. Rozdílem průměrných hodnot pretestu a posttestu jsme dospěly k hodnotě změny o velikosti 0,22 s. Můžeme tedy říci, že vlivem 6týdenní intervence došlo ke zlepšení průměrného času K-testu o 0,22 s. Hráči dosáhli o 2 % lepšího průměrného času K-testu na konci přípravného období, než na začátku přípravného období.



Vysvětlivky: M preTest – průměrný výkon K-testu na začátku přípravného období

M postTest – průměrný výkon K-testu na konci přípravného období

t – čas

Obrázek 12. Průměrný čas výkonu K-testu na začátku a na konci přípravného období

6 DISKUZE

Sportovní vědci neustále hledají účinné metody, které mohou přispět ke zlepšení sportovního výkonu. Běžnou metodou stanovení sportovní výkonnosti je skrze testování motorických schopností (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010). Agility je považována za důležitou schopnost, která je nezbytná k úspěšnému provedení pohybového úkolu v mnoha sportech (Sporis et al., 2010). Je rovněž významná pro optimální výkon ve fotbale, často definována jako schopnost rychlé změny směru pohybu ve vertikální či horizontální rovině (Sporis et al., 2010). Testování agility může pomoci fotbalovým trenérům a odborníkům diagnostikovat konkrétní nedostatky, vyhodnotit fyzický výkon fotbalistů, posoudit vliv tréninkového procesu, predikovat sportovní výkonnost, plánovat trénink a jiné (Haugen & Seiler, 2015).

Cílem testování z hlediska výzkumu a diagnostiky je sestavení kvalitních testů s vhodnými vlastnostmi. Reliabilita a validita jsou považovány za jedny z klíčových požadavků kladené na výzkumný nástroj v kvantitativním výzkumu. Spolu s dalšími vlastnostmi, jako je objektivita, verifikovatelnost a statistická zobecnitelnost představují pilíře toho, co nazýváme dobrý kvantitativní výzkum (Gavora, 2013). Reliabilita je relativní míra výzkumného nástroje. Vždy se jedná o údaj konkrétního výzkumu, osoby a podmínek, což znamená, že údaje získané se mohou v různých výzkumech odlišovat. V dobře ověřeném výzkumném nástroji by rozdíly velké být neměly. Využitelnost a Senzitivita jsou spolu s reliabilitou důležité vlastnosti testu ke zvážení v případě výběru testu za účelem vyhodnocení sportovní výkonnosti (Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Suarez-Arrones, Arjol-Serrano, Casajús, & Mendez-Villanueva, 2015). Koncept využitelnosti a senzitivity je důležitý pro zvýšení významu terénního testu, neboť umožňuje prakticky monitorovat zlepšení výkonu hráče (Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Arjol-Serrano, & Mendez-Villanueva, 2014).

Je mnoho studií zaměřeno na posouzení reliability agility testů ve fotbale. Tyto testy jsou sestaveny na stejném principu jako motorický test K-test, který je předmětem mé diplomové práce. Podle mých znalostí je tato diplomová práce první studií, která má za cíl ověřit reliability, využitelnost a senzitivitu motorického testu K-test, taktéž určený k hodnocení agility u hráčů fotbalu.

Obvykle je reliability posuzována dvěma společnými indexy: vnitrotřídní korelační koeficient (ICC) a 95% limity shody (CI) podle přístupu Bland a Altman (1986). Tyto dva indexy jsou považovány za nejvhodnější při posuzování reliability (Hachana et al., 2013).

V našem případě ICC nabývá hodnoty 0,89 (90% CI 0,83-0,93). Tato hodnota se pohybuje přibližně ve stejném rozsahu relativní reliability jako hodnoty uváděné v jiných testech agility (Hachana et al., 2013). Atkinson a Nevill (1998) uvádí, že hodnota $ICC \geq 0,9$ je považována za přijatelnou bez ohledu na typ ICC. Předpokládají, že podobně jako Pearsonův koeficient i hodnota ICC nacházející se v blízkosti hodnoty 1, poukazuje na vysokou úroveň reliability testu. Posouzení reliability na základě hodnoty ICC, od přijatelné úrovně (0,7-0,8) až po vysokou úroveň ($> 0,9$), je klasifikováno různými autory odlišně (Atkinson & Nevill, 1998). S přihlédnutím k interpretaci stupně reliability podle Böse (2001) uvedena v kapitole 2.4, Tabulka 5., můžeme hodnotu ICC (0,89) klasifikovat jako dobrou úroveň relativní reliability testu.

Použila jsem řadu dalších opatření za účelem ověření reliability K-testu. Absolutní reliability byla vyjádřena standartní chybou měření v absolutním vyjádření (SEM) a koeficientem variability v procentuálním vyjádření (CV) podle doporučení Atkinson a Nevill (1998). Vypočítané hodnoty SEM (0,10; 90% CI: 0,092-0,13) a CV (0,95; 90% CI: 0,91-0,97) jsou zcela prokazatelně ukazatelé vysoké úrovně absolutní reliability na základě kritéria spolehlivosti stanoveného podle Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Arjol-Serrano a Mendez-Villanueva (2014) $CV < 5 \%$ ($0,95 < 5$). Hodnoty SEM a CV poskytují užitečné

informace pro posouzení efektivity určité intervence. Velikost chyby mezi jednotlivým měřením K-testu nabývá hodnoty 0,10 s (0,95 %).

Nedávné studie doporučují rozšířit analýzu absolutní reliability pomocí hodnoty SWC (Impellizzeri & Marcora, 2009). Podle Impellizzeri a Marcora (2009) je SWC definována jako nejmenší využitelná změna měření, která může být interpretována jako statisticky významná. Vypočítané hodnoty SWC uvádí, že smysluplná změna na základě 6týdenní intervence by vyžadovala hráče snížit výsledný čas K-testu minimálně o 0,29 s, neboli o 2,68 %. V souvislosti s tím, je využitelnost posuzována na základě porovnání hodnoty SWC s hodnotou SEM, nebo CV. Bylo zjištěno, že hodnota SEM je menší než hodnota SWC ($0,10 < 0,29$) a zároveň také hodnota CV je nižší než hodnota SWC % ($0,95 < 2,68$). Na základě této skutečnosti byla využitelnost K-testu vyhodnocena podle Hopkinse (2004) jako dobrá. K-test má tedy dobrou schopnost detekce reálné změny výkonu agility u zkušených hráčů fotbalu.

Ve studii Malý, Zahálka, Malá a Teplan (2014) byl K-test aplikován při diagnostice agility u českých elitních fotbalistů kategorie U16. Průměrný výkon hráče K-testu tehdejší studie byl $10,65 \pm 0,37$ s. V našem případě hráči dosahovali průměrného výkonu K-testu $11,00 \pm 0,43$ na začátku přípravného období a $10,78 \pm 0,33$ na konci přípravného období. Reálná změna výkonu hráčů na začátku a na konci intervence byla vypočítána jejich rozdílem. Průměrná reálná změna výkonu nabývá hodnoty 0,22 s (2 %). Jelikož je reálná změna nižší než hodnota nejmenší užitečné změny měření (SWC), dovoluji si tvrdit, že zlepšení výkonu vlivem 6týdenní intervence nenastalo. Toto tvrzení je podloženo párovým t-testem detekující senzitivitu (responsiveness) K-testu, jenž nabývá hodnoty $t_0 = 0,24$. Nulovou hypotézu (H_0) jsme podle Husted, Cook, Farewell a Gladman (2000) zamítli při hodnotě $t_0 > 1,96$. V našem případě jsme nulovou hypotézu nezamítli ($0,24 < 1,96$). Pokud tedy H_0 byla postavena na tvrzení, že nedošlo k žádné změně vlivem intervence, můžeme tuto hypotézu potvrdit

($p = 0,006$; $p < 0,05$). Měření nelze považovat za dostatečně senzitivní, protože nebylo potvrzeno zlepšení ve výkonu vlivem 6týdenní intervence ověřené motorickým testem K-test. Jsou proto potřeba další studie, které posoudí senzitivitu K-testu vzhledem k jinému tréninkovému programu.

Nejdůležitější zjištění této studie ukázaly, že K-test má spolehlivý protokol, a tím potvrdilo vhodnost používání K-testu při hodnocení úrovně agility u zkušených hráčů. Kromě toho je velice důležité, aby si trenéři při používání K-testu před a po intervenci byli alespoň z 90 % jistí, že změna ve výkonu inklinuje ke zlepšení a přesahuje chybu způsobenou měřením.

7 ZÁVĚRY

Hlavním cílem této práce bylo posoudit reliabilitu, využitelnost (usefulness) a senzitivitu (responsiveness) motorického testu K-test, který je sestaven za účelem hodnocení úrovně agility u hráčů fotbalu, zařazených do systému SCM. Pro zhodnocení vlastností motorického testu K-test bylo měření provedeno formou test re-test. Dané výsledky měření jsme zaznamenali a statisticky analyzovali. Tento cíl byl splněn, neboť daný motorický test K-test byl posouzen jako test, dosahující vysoké úrovně reliability. Využitelnost byla posouzena jako dobrá. Senzitivita K-testu v reálné situaci byla zamítnuta.

Díličními cíli práce bylo posoudit relativní a absolutní reliabilitu, využitelnost (usefulness) a senzitivitu (responsiveness) motorického testu K-test. Díličí cíl pro posouzení relativní reliability byl splněn na základě zjištěných hodnot vnitrotřídní korelace (ICC = 0,89; 90% CI: 0,83-0,93), kde výsledky měření poukazují na dobrou úroveň relativní reliability. Hodnota absolutní reliability motorického testu K-test, zjištěná prostřednictvím výpočtu standardní chyby průměru (SEM = 0,10; 90% CI: 0,092-0,13) a variačního koeficientu (CV = 0,95; 90% CI: 0,91-0,97), poukazuje na vysokou úroveň absolutní reliability. Užitečnost byla hodnocena rozdílem mezi SEM a nejmenší užitečnou změnou měření (SWC) jako dobrá, neboť hodnota SEM byla nižší než SWC. Nejmenší užitečná změna měření (SWC) vyjádřená v procentech uvedla, že smysluplné zlepšení výkonu vzhledem k intervenci by vyžadovala hráče snížit výsledný čas o 2,68 %. Pomocí párovaného t-testu byla posouzena senzitivita K-testu, kde hodnota t_0 (0,24) menší než 1,96 poskytuje důkaz o potvrzení nulové hypotézy. Proto lze konstatovat, že nebyla nalezena statisticky významná změna v měření, a tím nebylo potvrzeno zlepšení výkonnosti vlivem 6týdenní intervence ověřené motorickým testem K-test.

Odpovědi na výzkumné otázky týkající se úrovně relativní reliability motorického testu K-test zní, že test dosahuje dobré úrovně relativní reliability, stejně tak jako odpověď na otázku: jaká je absolutní reliability motorického testu K-test, můžeme odpovědět, že

na vysoké úrovni. Na otázku: jaká je využitelnost a senzitivita motorického testu K-test odpovíme, že byla potvrzena využitelnost K-testu, ale nebyla potvrzena jeho senzitivita v reálné situaci.

8 SOUHRN

V diplomové práci jsme se zabývali ověřením reliability, využitelnosti a senzitivity motorického testu K-test, určený pro hodnocení úrovně agility, v našem případě u hráčů fotbalu kategorie U16, U17 a U19, zařazených do systému SCM. Metodou opakovaného měření jsme srovnávali výsledky naměřených hodnot, které byly zaznamenány v rámci daného testování. Statistickou analýzou výsledků jsme ověřili relativní a absolutní reliabilitu, využitelnost (usefulness) a senzitivitu (responsiveness) daného motorického testu K-test.

Výzkumné měření potvrdilo vysokou úroveň reliability motorického testu K-test, a tím také potvrdilo vhodnost používání K-testu při hodnocení úrovně agility u zkušených hráčů. Využitelnost testu byla vyhodnocena jako dobrá. Testování nelze považovat za dostatečně senzitivní, neboť nebylo potvrzeno statisticky významné zlepšení či zhoršení výkonnosti vlivem 6týdenní intervence. Jsou proto potřeba další studie, které by posoudili senzitivitu K-testu vzhledem k jiným tréninkovým programům.

9 SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate the reliability, usefulness and responsiveness of the K-test which was designed to assess field sport agility. Age groups of U16, U17 and U19 Czech soccer players volunteered for the K-test by method of test-retest. With statistical analysis of the results, we verified the absolute and relative reliability, usefulness and responsiveness of the K-test.

In summary, because of the high reliability scores found in this test, this protocol may be used to assess agility in relatively experienced subjects. The usefulness of the K-test was rated as "good". The K-test was not found to be responsive because the statistical change during the testing which occurred was not able to show significant improvements in K-test performance over time. Therefore further studies are needed to establish the sensitiveness of this test to different training programs.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alghannam, A. F. (2013). Physiology of soccer: The role of nutrition in performance. *Journal of Novel Physiotherapies*, 3(3), 2-6.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(2), 278-85.
- Astrand, P., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of work physiology* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26 (4), 217-238.
- Baker, M. J., & Hart, S. (2008). *The marketing book* (6th ed.). London: Elsevier.
- Baláš, J., (2016). *Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení*. Praha: Karolinum.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer: With special reference to intense physical exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 150, 1-156.
- Bangsbo, J. (2003). *Fitness training in soccer: a scientific approach*. Spring city: Reedswain.
- Bangsbo, J. (2014). Physiological demands of football. *Sports Science Exchange*, 27(125), 1-6.
- Bangsbo, J., Iaiia F. M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2, 111-127.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24, 665-674.
- Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K., & Cahalan, M. (2009). *Handbook of clinical anesthesia* (6th ed.). London: Lippincott Williams and Wilkins.

- Baumgartner, T. A. (1989). Norm-referenced measurement: reliability. In: Safrit, M. J., & Wood, T. M., (Eds.). *Measurement concepts in physical education and exercise science* (pp. 45-72). Champaign (IL): Human Kinetics.
- Baumgartner, T. A. (2000). Estimating the stability reliability of a score. *Measurement in physical education and exercise science*, 4(3), 175-178.
- Bernaciková, M., Kapounková, K., Novotný, J., Sýkorová, E., Novotný, J., Bernacik, S., Hřebíčková, S., Hrazdíra, E., Mudra, P., Ondráček, J., Svobodová, Z., Šamšula, J., Vacenovský, P., & Chovancová, J. (2010). *Fyziologie sportovních disciplín* [internetová učebnice]. Retrieved 14. 1. 2017 from the World Wide Web: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/hry-fotbal.html>.
- Blahuš, P. (1989). Základní pojmy statistické teorie psychologických testů. *Československá psychologie*, 33, 233-241.
- Bloomfield, J., Polman, R., Butterly, R., & O'Donoghue, P. (2005). Analysis of age, stature, body mass, BMI and quality of elite soccer players from 4 European Leagues. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(1), 58-67.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63-70.
- Bös, K. (2001). *Handbuch motorische tests: Sportmotorische tests, motorische funktionstests, Fragebogen zur körperlich-sportlichen Aktivität und sportpsychologisch diagnoseverfahren*. Göttingen: Hogrefe.
- Botek, Z., Gába, A., Lehnert, M., Přidalová, M., Vařeková, R., Botek, M., & Langer, F. (2010). Condition and body constitution of soccer players in category U19 before and after completing a preparatory period. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensi. Gymnica.*, 40(2), 47-54.

- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krustup, P. (2009). Highintensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168.
- Dobřý, L., & Semiginovský, B. (1988). *Sportovní hry, Výkon a trénink*. Praha: Olympia.
- Dohnal (2002). *Porovnání výsledků dvou metod stanovení*. Retrieved 20. 1. 2017 from the World Wide Web: <http://www1.lf1.cuni.cz/~ldohna/vhodregr/postup.htm>.
- Dovalil, J. et al. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*, (1. vyd.). Praha: Olympia.
- Dovalil, J. (2009). *Výkon a trénink ve sportu* (3. vyd.). Praha: Olympia.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. J. C., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 222–227.
- Eklom B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Medicine*, 3(1), 50-60.
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., Veicsteinas, A., & Onlus, F. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 167-172.
- FAČR (2016). *Pravidla fotbalu*. Praha: Olympia, s.r.o.
- FIFA (2016). *Laws of the game*. Retrieved 1. 1. 2017 from the World Wide Web: http://www.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/refereeing/02/79/92/44/laws.of.the.game.2016.2017_neutral.pdf.
- Frybort, P. (2014). Diagnostika tělesné výkonnosti pomocí Yo-Yo intermitentního zotavovacího testu. *Fotbal a trénink*, 2, 26–29.
- Fajfer, Z., & Českomoravský fotbalový svaz. Oddělení vzdělávání trenérů. (2009). *Trenér fotbalu mládeže (16-19 let)*. Praha: Olympia ve spolupráci s Českomoravským fotbalovým svazem.

- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725–741.
- Gavora, P. (2013). Validita a reliabilita výskumných nástrojov: princípy a reálna prax. *Pedagogická orientace*, 23(4), 511–534.
- Gil, S., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: Relevance for the selection process. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 438-45.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo J., Arjol-Serrano, J. L., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Determinants, reliability, and usefulness of a bench press repeated power ability test in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 126–133.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut test for young basketball players. *International Journal of Sports Medicine*. Retrieved 27. 1. 2017 from the World Wide Web: <https://www.researchgate.net/publication/279730426>.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Hachana, Y., Chaabe`ne, H., Ben Rajeb, G., Khelifa, R., Aouadi, R., & Gabbett, T. J. (2014). Validity and reliability of new agility test among elite and subelite under 14-Soccer Players. *Plos One*, 9(4). Retrieved 3. 2. 2017 from the World Wide Web: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0095773&type=printable>.
- Hachana, Y., Chaabe`ne, H., Nabli, M. A., Attia, A., Moualhi, J., Farhat, N., & Elloumi, M. (2013). Test-retest reliability, criterion-related validity, and minimal detectable change of the illinois agility test in male team sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2752–2759.
- Hájek, J. (2001). *Antropomotorika*. Praha: Karlova univerzita.
- Havlíčková, L. et al. (1999). *Fyziologie tělesné zátěže I. Obecná část*. Praha: Karolinum.

- Haugen, T. & Seiler, S. (2015). Physical and physiological testing of soccer players: Why, what and how should we measure? *Sportscience*, 19, 10–26.
- Hazir, T. (2010). Physical characteristics and somatotype of soccer players according to playing level and position. *Journal of Human Kinetics*, 26, 83–95.
- Hebák, P., & Hustopecký, J. (2007). *Vícerozměrné statistické metody I*. Praha: Informatorium.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925-1931.
- Heller, J. (1997). *Funkční zátěžová diagnostika a její aplikace ve sportu: Lékařské listy*. Praha: Karolinum.
- Hendl, J (1997). Statistické přístupy k porovnání biomedicínských metod měření. *Česká kinantropologie*, 6(2), 87-96.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál.
- Hendl, J. (n. d.). *Spolehlivost a ekvivalence motorických testů*. Praha: Karlova univerzita. Retrieved 27. 2. 2017 from the World Wide Web: http://web.ftvs.cuni.cz/hendl/metodologie/2_5_7.pdf.
- Hoff, J., & Almasbakk, B. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(4), 255-258.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W. G. (2004). How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience*, 8, 1-7.

- Hopkins, W. G., Schabert, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*, 31(3), 211-234.
- Hůlka, K. (n. d.). *IKS-Diagnostika ve sportu* [učební texty]. Retrieved 2. 4. 2017 from the World Wide Web: http://iks.upol.cz/wp-content/uploads/2014/02/Hulka_Diagnostika_ve_sportu.pdf.
- Husted, J. A., Cook, R. J., Farewell, V. T., & Gladman, D. D. (2000). Methods for assessing responsiveness: a critical review and recommendations. *Journal of Clinical Epidemiology*, 53, 459–468.
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu: Základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Chráška, M. (2016). *Metody pedagogického výzkumu: Základy kvantitativního výzkumu 2., aktualizované vydání*. Praha Grada Publishing a.s.
- Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2009). Test validation in sport physiology: Lessons learned from clinimetrics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4, 269–277.
- Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D., & Fiorentini, F. (2011). Effect Of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1285-1292.
- Kačáni, L., & Horský, L. (1988). *Tréning vo futbale* (2. vyd.). Bratislava: Šport, slovenské tělovýchovné vydavateľstvo.
- Kalapotharakos, V. I., Strimpakos, N., Vithoulka, I., Karvounidis, C., Diamantopoulos, K., & Kozel, R., Mynářová, L., & Svobodová, H. (2011). *Moderní metody a techniky marketingového výzkumu*. Praha: Grada Publishing a.s.
- Kračmar B., Chrástková, M., Bačáková, R. et al. (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Karolinum.

- Krämer, W. (2002). *Statistic für die Wastentasche*. Mnichov: Pirer Verlag GmbH.
- Krustrup P., Mohr M., Ellingsgaard H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1242-1248.
- Kuchynka, P. et al. (2007). *Oční lékařství*. Praha: Grada Publishing a.s.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund M., Smékal, D. et al. (2014). *Kondiční trénink*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lehnhart, R. A., Lehnhart, H. R., Young, R., & Butterfield, S. A. (1996). Monitoring injuries on a college soccer team: the effect of strength training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 115-9.
- Little, T. & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76-78.
- Malý, T., Zahálka, F., Malá, L., & Teplan J. (2014). Profile, correlation and structure of Speed in youth elite soccer players. *The Journal of Human Kinetics*, 27(40), 149–159.
- Mann, J. B., Ivey, P. J., Brechue W. F, & Mayhave J. L. (2014). Reliability and smallest worthwhile difference of the NFL-225 test in NCAA division I football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(5), 1427–1432.
- Měkota, K. (1973). *Měření a testy v antropomotorice*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově* (1. vyd.). Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Měkota, K., Kovář, R., & Štěpnička, J. (1988). *Antropomotorika II*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Měkota, K. Kovář, R. et al. (1995). *Unifittest (6-60)*. Olomouc: Univerzita Palackého.

- Mielcová, E., Stoklasová R., & Ramík, J. (2012). *Statistické programy*. Opava: Slezská univerzita: Retrieved 7. 1. 2017 from the World Wide Web:<http://mdg.vsb.cz/wiki/public/3.pdf>.
- Mirkov, D., Nedeljkovic, A., Kukulj, M., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (2008). Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1046–1050.
- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21, 519–528.
- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593–599.
- Neubauer, J. (n. d.). *Analýza rozptylu* [přednáška]. Brno: Univerzita obrany. Retrieved 27. 1. 2017 from the World Wide Web: http://k101.unob.cz/~neubauer/pdf/analyza_rozptylu.pdf.
- Neustupa, Z. (2015). *Měření procesních veličin* [E-learningová podpora]. Ostrava: Technická univerzita. Retrieved 2. 2. 2017 from the World Wide Web: http://homen.vsb.cz/~neu10/studium/Technicke%20prostredky/Mereni_procesnich%20velic_in_INOHGF.pdf.
- Novák, J. (n. d.). *Základy teorie chyb a zpracování fyzikálních měření* [učební texty]. Praha: České vysoké učení technické. Retrieved 27. 1. 2017 from the World Wide Web: <http://webfyzika.fsv.cvut.cz/PDF/teoriechyb.pdf>.
- Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-Test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 443–450.
- Pavelka, F., & Klímek, P. (2000). *Aplikovaná statistika*. Zlín: Vysoké učení technické v Brně. Retrieved 28. 1. 2017 from the World Wide Web: http://media1.wgz.cz/files/media1:51007d1508eac.pdf.upl/Aplikovana_statistika2000.pdf.

- Petrášková, V., & Mrkvička, T. (2006). *Úvod do statistiky*. České Budějovice: Jihočeská univerzita. Retrieved 19. 1. 2017 from the World Wide Web: <https://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/m/petrasekstat.pdf>.
- Podlahová, L. et al. (2012). *Didaktika pro vysokoškolské učitele, vybrané kapitoly*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Procházka, B. (2015). *Biostatistika pro lékaře: Principy základních metod a jejich interpretace s využitím statického systému R*. Praha: Karolinum.
- Průcha, L. (n. d.). *Testování hypotéz [učební texty]*. Retrieved 19. 1. 2017 from the World Wide Web: [http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-/10-semester/-%20CD04%20%20Spolehlivost%20konstrukc%C3%AAD/ucebni_texty/Ladislav%20PR%C5%AECHA%20math.feld.cvut/6pu.pdf](http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-/10-semester/-%20CD04%20%20Spolehlivost%20konstrukc%C3%AAD/ucebni_texty/Ladislav%20PR%C5%AECHA%20math.feld.cvut/6pu.pdf).
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada Publishing a.s.
- Reilly, T. (2007). *The science of training – Soccer*. London: Routledge.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 669–683.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 162–169.
- Ritomský, A. (2012). Validita, reliabilita a chyby merania. *Sociálne a politické analýzy*, 6(2), 1-15.
- Russell, M., Benton, D., & Kingsley, M., (2014). Carbohydrate ingestion before and during the soccer match play and blood glucose and lactate concentrations. *Journal of Athletic Training*, 49(4), 447–453.

- Řehák, J. (1998). Klasický model měření reliability a jeho praktický aplikační význam. *Sociologický časopis*, 34(1), 51-60.
- Řehák, J., & Brom, O. (2015). *SPSS – Praktická analýza dat*. Brno: Computer press.
- Sedlačík, M., Neubauer, J., & Kříž, O. (2016). *Základy statistiky: Aplikace v technických a ekonomických oborech 2., rozšířené vydání*. Praha: Grada Publishing a.s.
- Shephard R. J. (1999). Biology and medicine of soccer: An update. *Journal of Sports Sciences* 17, 757-786
- Sheppard J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-32.
- Schels, I. (2009). *Excel 2007: vzorce a funkce*. Praha: Grada Publishing a.s.
- Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L., & Vucetic, V. (2010). Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 679–686.
- Statsoft (2014). *Úvod do regresní analýzy*. Retrieved 14. 2. 2017 from the World Wide Web: http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014_26_03_StatSoft_Uvod_do_regresni_analyzy.pdf
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.
- Strejcová, B., Baláš, J., & Süß, V. (2010). Reliabilita testování silových schopností na izokinetickém a izometrickém dynamometru. *Česká kinantropologie*, 14(3), 94-100.
- Štochl, J., & Musálek, M. (2009). Praktický návod k pilotní standardizaci testů. *Acta Universitatis Carolinae. Kinanthropologica.*, 45(2), 5-13.
- Štrumbauer, J., Maleček, J., & Šimberová, D. (2013). *Odborná terminologie vybraných sportovních disciplín*. Brno: Masarykova univerzita.

- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2005). *Research methods in physical activity* (5th. ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Tölg, T. et al. (2002). *Fyzikální praktikum*. Plzeň: Západočeská univerzita.
- Tsitskarsis, G., Theoharopoulos, A., & Garefis, A. (2003). Speed, speed dribble and agility of male basketball players playing in different positions. *Journal of Human Movement Studies*, 45, 21-30.
- Urbánek, T. (2002). *Základy psychometriky*. Brno: Masarykova univerzita.
- Večeřa K., & Cacek, J. (2013). *Základy silové přípravy fotbalistů*. Brno: Masarykova univerzita.
- Vilikus, Z., Brandejský, P., & Novotný, V. (2004). *Tělovýchovné lékařství*. (1. vyd.). Praha: Karolinum.
- Walker I. (2010). *Research methods and statistics*. London: Palgrave Macmillan.
- Westen, D., & Rosenthal, R. (2003). Quantifying construct validity: two simple measures. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84, 608–618.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., & Hoff, J. (2004). Maximal squat strength is strongly correlated to sprint performance in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
- Young, W. B., McDowell, M. H., & Scarlett, B. J. (2001). Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 315 -319.
- Zaciorskij, V. M. (1981). *Základy teorie testování a hodnocení v tělesné výchově a sportu*. Praha: Univerzita Karlova.
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2012). *Základy sportovního tréninku*. Brno: Masarykova univerzita.
- Zháněl, J. (2005). *Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu (a její praktické aplikace v tenise)*, Habilitační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.

Zvára, K. (2013). *Biomedicínská statistika IV: Základy statistiky v prostředí R*. Praha: Karolinum.