

ANALÝZA POHYBU HRÁČE FOTBALU PŘI KOPU DO MÍČE¹

MOVEMENT ANALYSIS OF FOOTBALL PLAYER DURING THE KICK

F. Zahálka¹, P. Hanuš¹, T. Malý¹, M. Buzek², P. Hráský¹, L. Malá¹, T. Gryc¹

¹Laboratoř sportovní motoriky, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova v Praze

²Katedra sportovních her, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova v Praze

ABSTRACT

Aim of this study was analyze football player movement during several types of kick according to the speed of flying ball. Analysis contains two types of kick straight kick (instep) and inside kick (inside of the foot). Low correlation was found between force of standing lower limb and speed of flying ball, straight kick ($r = 0,118$; $p > 0,05$), inside kick ($r = 0,133$; $p > 0,05$). Presumption of common relationship between short influence of standing lower limb and maximal forces was not unique significant. The study showed that players on junior level have fixed performance of kick according movement and speed of flying ball.

Keywords: kick; soccer; velocity of the ball, movement analysis, force of lower limbs

SOUHRN

Cílem studie bylo provést analýzu pohybového výkonu hráče fotbalu při několika typech provedení kopu vzhledem k rychlosti vystřeleného míče. Pro realizaci kopu bylo vybráno provedení přímým nártem a provedení vnitřní stranou nohy. Zjistili jsme nízkou korelaci mezi působící silou stojné nohy na měřicí desku a následnou rychlostí míče u kopu přímým nártem ($r = 0,118$; $p > 0,05$) a také u kopu vnitřní stranou nohy ($r = 0,133$; $p > 0,05$). Předpoklad, že silové působení stojné nohy na podložku by mělo trvat co nejkratší čas za současného působení maximálních sil v měřených osách se jednoznačně prokázat nepodařilo. Bylo prokázáno, že věková skupina hráčů dorosteneckého věku má stabilizovaný pohybový projev jak z hlediska provedení techniky kopu, tak z hlediska výsledné rychlosti míče.

Klíčové slová: kop, fotbal; rychlost míče; pohybová analýza, síla dolních končetin

Úvod

Jednou ze základních dovedností s míčem ve fotbale je kop. Jeho provedení lze rozdělit z hlediska pohybu kopnutého míče na kopy s vysokou rychlostí letu a kopy s maximální přesností umístění. Při snaze o dosažení rychlého letu míče a dlouhé dráhy letu se používá kop přímým (vnitřním) nártem. Kop vnitřní stranou nohy je nejpřesnějším kopem na kratší vzdálenost a ve fotbale je nejfrekventovaněji používaným typem. Jelikož je v odborné fotbalové praxi používán termín noha ve smyslu dolní končetina (DK), bude v dalším textu termín noha používán v tomto smyslu. Existuje celá řada studií, které popisují biomechaniku a kinematiku pohybu (LEVANON, 1998) a to jak z pohledu plošné analýzy a

kinematiky segmentů nohy během kopu přímým nártem, tak z pohledu úhlových pozic – časové a úhlové rychlostní křivky během kopu, stejně jako lineární kinematiku zapojených kloubů (LEES, 1998). Kop vnitřní stranou nohy je kombinací několika komplikovaných rotačních pohybů dolní končetiny (NUNOME, 2002). k porozumění, jak vypadá švih DK při tomto kopu, mohou kinetické aspekty nabídnout významný pohled na techniku kopu. Rotace segmentů těla jsou k vidění v průběhu celého kopu do míče. Během náprahu se kopající DK pohybuje vzad. Kyčel je v mírné addukci a zevně rotuje (LEVANON, 1998). Dochází k flexi v kolenní a vnitřní rotaci (NUNOME, 2002). Náprah kopající DK je dokončen pouze po kontaktu se zemí s extenzí v kyčli a flexí v kolenní (LEVANON,

¹ Tato studie vznikla za podpory VZ MSM 0021620864, GAČR 406/08/1514

1998). Pohyb vpřed je zahájen rotací pánve kolem stojné nohy a přenosem stehna kopající DK, dokud v kolenní pokračuje flexe (WEINECK, 1997). Ve stejný čas je hlezenní kloub (kotník) v addukci a pokrčen k bérce, zatímco pohyby do stran jsou minimální (LEVANON, 1998). Po nárazu, přechází kyčel do flexe, je v abdukci, externě rotována a kotník je ve flexi (LEVANON, 1998). Rychlost míče je závislá na rychlosti DK (jednotlivých segmentů) při nárazu stejně jako na kvalitě kontaktu vlastní nohy s míčem (ASAI, 2002; BULL-ANDERSEN, 1999; LEES, 1998). Korelační koeficient mezi rychlostí míče a nohy je vysoký $r > 0,74$ (LEVANON, 1998). Čím vyšší rychlost nohy před nárazem, tím kratší kontakt s míčem a tím vyšší rychlost míče. z tohoto důvodu je míra rychlosti míče a nohy považována za jeden z ukazatelů úspěšnosti kopu (KELLIS, 2004; LEES, 1998). Efektivita nárazu roste s tím, jak je končetina zpevněná aktivací svalů (LEES, 1998). To samé platí, pokud je bod kontaktu blíže kotníku než metatarsům.

TSAOUSIDIS (1996) navrhli založit rychlost míče na dvou faktorech. Prvním faktorem je energie nebo hybnost, která je výsledkem koordinace pohybů a mechanického chování DK před nárazem a jako druhý faktor uvádějí energii, která je způsobena prací svalů během kontaktní fáze. Tyto výsledky souhlasí s předchozími studiemi (BULL-ANDERSEN, 1999). Rychlost míče je jedním z hlavních biomechanických indikátorů pro úspěšnost kopu a je výsledkem několika faktorů. Jedním z faktorů je technika (LEES, 1998), dalším je optimální přenos energie mezi segmenty, rychlostí a úhlem náběhu (ISOKAWA, 1988; KELLIS, 2004). Dalšími faktory jsou úroveň dovednosti (LUHTANEN, 1988), pohlavím, věkem (EKBLOM, 1986), dominantní nohou (DORGE, 2002) a vyspělostí (LEES, 1998). Dalšími biomechanickými indikátory jsou charakteristiky nárazu nohy do míče (ASAI, 2002; BULL-ANDERSEN, 1999; TSAOUSIDIS, 1996), síly svalu a výkon hráče (CABRI, 1988; TAINA, 1993; TROLLE, 1993). Rychlost míče je podmíněna i typem kopu (KERMOND, 1978; NUNOME, 2002; WANG, 1997). Rychlost míče lze ovlivnit i specifickým tréninkem (MALÝ, 2009).

Hodnoty rychlosti míče, které se udávají během utkání, jsou mnohem vyšší ve srovnání s těmi, které byly naměřeny laboratorně. Kop může být prováděn buď ze statické pozice, nebo z rozběhu a z určité vzdálenosti od míče. Rozběh se skládá z několika kroků a může být prováděn pod určitým úhlem vzhledem k míči. Délka, rychlost a úhel rozběhu jsou nejdůležitějšími aspekty pohybu hráče, který má podstatný efekt na kvalitě kopu. Dalším důležitým aspektem při úspěšnosti kopu do

míče je umístění stojné nohy vzhledem k míči. z odborného hlediska je navrženo, že by noha měla došlápnout 5-10 cm za míč a 5-28 cm vedle míče (ISOKAWA, 1988; KELLIS, 2004; ROBERT, 1974).

Metodika

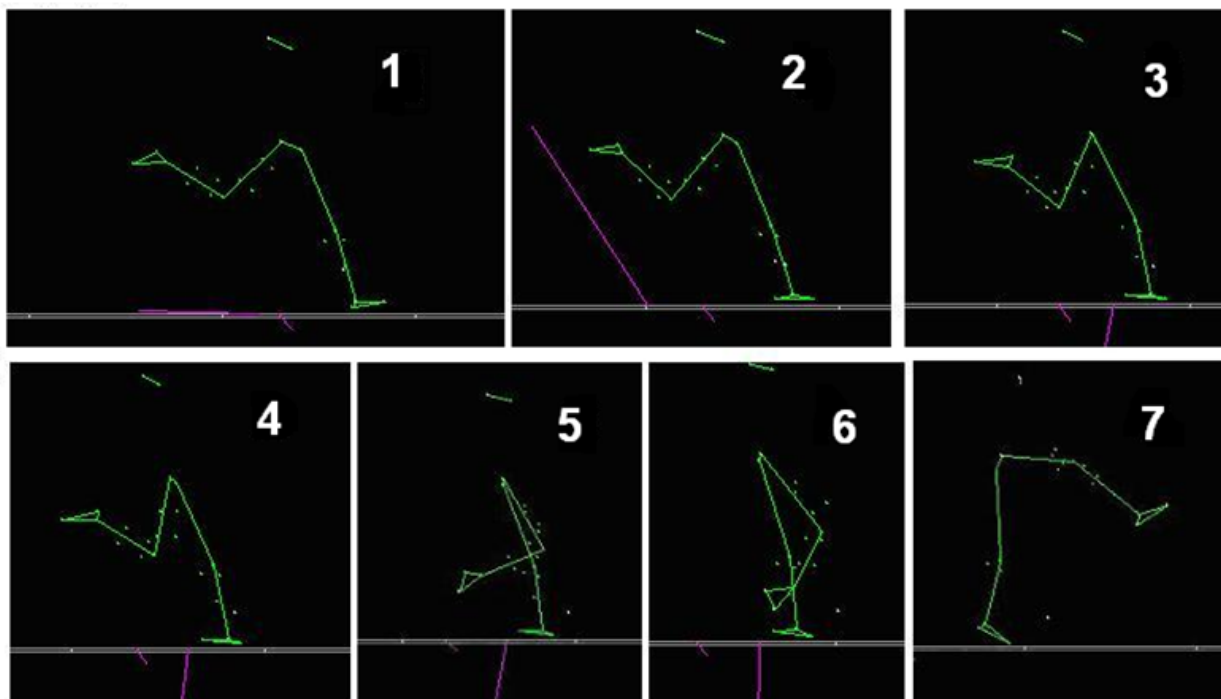
Sledovaná skupina hráčů se skládala z 12 hráčů ve věku $17,5 \pm 1,5$ roku, tělesné výšky $174 \pm 8,5$ kg, tělesné hmotnosti $74,6 \pm 13,1$ kg, nejvyšší dorostenecké soutěže, kteří se fotbalu věnují v průměru 11,5 roku. Někteří hráči mají zkušenosti i z nejvyšší seniorské soutěže. Vzhledem k tomu, že obsah tréninku v této věkové kategorii již odpovídá výkonostnímu tréninku a výrazně se neliší od mužské kategorie, měla by být i jejich technická způsobilost na vysoké úrovni a do jisté míry stabilizována.

Hráči prováděli kop maximální silou 7 měřených pokusů přímým nártem a následně 5 měřených kopů vnitřní stranou nohy přímo před sebe do předem připravené sítě. Vyšší počet měřených pokusů u kopu přímým nártem bylo z důvodu očekávaného vyššího rozptylu výsledných rychlostí míče. Kinematika pohybu těla a segmentů byla měřena pomocí 3D kinematického analyzátoru CODA Motion. Na vybraných místech byly umístěny senzory analyzátoru, které umožňují snímání prostorových souřadnic v reálném čase se snímací frekvencí 200 Hz. Silové působení stojné nohy do podložky bylo měřeno pomocí 3D silové desky KISTLER se snímací frekvencí 400 Hz. Pro statistické zpracování výzkumných údajů jsme použili aritmetický průměr (charakteristika polohy) a variační rozpětí (charakteristika variability). Míru vztahu mezi vybranými parametry jsme vyhodnocovali pomocí Pearsonovy součinné korelace. Statistická významnost byla posuzována s rizikem $p < 0,05$.

Výsledky

Kop přímým nártem lze rozdělit do několika fází z hlediska realizace pohybu: fáze posledního kroku, fáze došlapu celého chodidla, fáze vyrovnávání boků, fáze flexe stojné nohy, fáze extenze stojné nohy, fáze kontaktu s míčem, fáze dokončení pohybu. Jednotlivé fáze jsou zobrazeny jako model z kinematického analyzátoru (Obrázek 1).

Fáze 1 posledního kroku a okamžik kontaktu stojné nohy s měřicí deskou. Tato fáze je prakticky stejná při kopu přímým nártem a kopem vnitřní stranou nohy s rozdílem ve flexi kotníku kopající nohy (**přímý nárt - PN** - $121,58^\circ$); (**vnitřní strana nohy - VS** - $79,71^\circ$); a dochází k vyššímu (protisměrnému) vychýlení ramen (PN - $20,02^\circ$); ($21,27^\circ$).



Obrázek 1. Fáze pohybu kopu přímým nártem
Figure 1. Phases of movement during instep kicking

Tabulka 1. Vybrané parametry úhlů při obou typech kopů
Table 1. Selected parameters of angles in both types of kicks

Úhly (°)	Kop	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3	Fáze 4	Fáze 5	Fáze 6
Pravé koleno	VS	117,07	102,16	101,5	95,14	148,85	152,05
	PN	119,43	88,5	83,14	74	116,46	152,9
Levé koleno	VS	167,99	170,22	163,76	149,2	148,7	144,03
	PN	168,72	174,4	170,73	167,46	168,26	170,3
Pravý kotník	VS	79,71	77,68	77,94	80,66	71,03	109,75
	PN	121,58	127,1	132,01	134,65	125,32	110,58
Levý kotník	VS	77,5	107,37	106,27	94,28	87,11	86,56
	PN	99,66	109,06	108,53	107,11	103,26	98,54
Pravý bok	VS	43,38	46,75	50,02	48,81	40,14	54,8
	PN	50,16	43,17	45,28	42,79	67,68	94,61
Levý bok	VS	12,91	7,73	7,68	6,73	7,53	20,64
	PN	12,49	5,81	7,15	8,31	16,64	24,85
Vychýlení ramen	VS	21,27	23,52	24,69	25,37	24,43	14,51
	PN	20,02	21,26	19,13	16	15,31	7,92

Legenda (Legend): VS – provedení kopu vnitřní stranou nohy (side kicking), PN – provedení kopu přímým nártem (instep kicking)

Fáze 2 došlap celého chodidla. Při došlapu celého chodidla je viditelný rozdíl v pohybu

vzhledem ke kopu přímým nártem, nadále ve vychylování ramen (o 2,26°), potom ve flexi

kotníku kopající nohy (PN - 127,1°); (VS - 77,68°), ale také v extenzi v kolenní švihové nohy (PN - 121,1°); (102,16°).

Fáze 3 vyrovnávání boků. k výměně boků při kopu vnitřní stranou nohy dochází vzhledem ke kopu přímým nártem výrazně pomaleji a pravý bok dále rotuje kolem stojné nohy. Je patrná vyšší flexe v kotníku (PN - 132,01°); (VS - 77,94°); kopající nohy a vychýlení ramen (PN - 19,13°); (VS - 24,69°). v této fázi se nachází kotník kopající nohy nejvýše nad podložkou a to konkrétně u tohoto hráče ve výšce 686,1 mm.

Fáze 4 flexe stojné DK je při kopu vnitřní stranou nohy vzhledem ke kopu přímým nártem relativně vyšší, dosahuje hodnoty (149,2°), zatímco přímý nárt (167,46°). v této fázi dochází k patrnému vychýlení ramen a to o 9,37°. Kotník dosahuje nejvyšší rychlosti vzhledem k ose z právě ve fázi flexe stojné nohy (5,33 m/s). u kopu vnitřní stranou nohy je vynechána fáze extenze nohy, jelikož při tomto typu kopu nedochází k opětovné extenzi stojné nohy, ale noha je ve stálé flexi až do kontaktu s míčem.

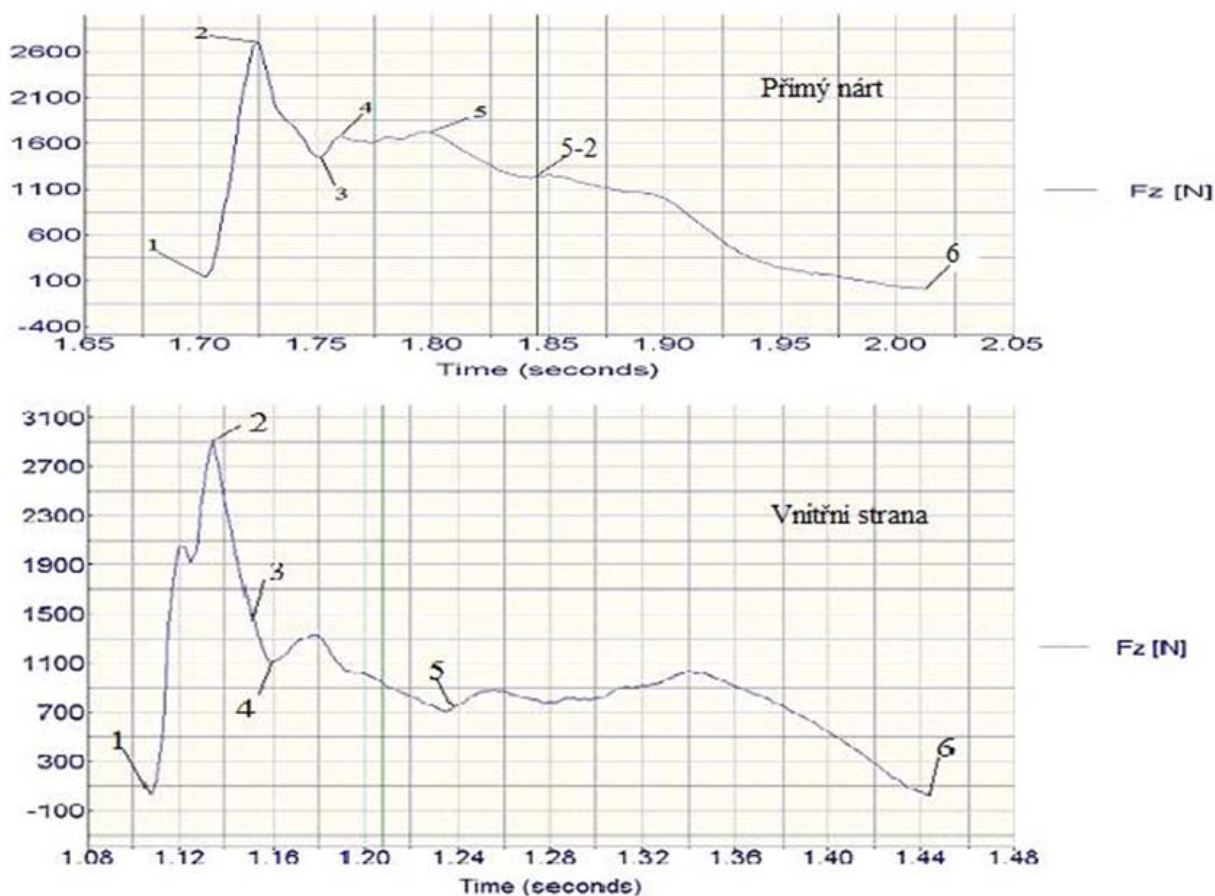
Fáze 5 - extenze stojné nohy. Na začátku této fáze se projevuje extenze kolene stojné nohy v úrovni jednotek stupňů a také extenze nohy

švihové (74° - 82°). Švihová noha mívá nohu stojnou a ve stejný čas je kotník v addukci a ve flexi (45,55°) k bérce, zatímco pohyby do stran jsou minimální. Pravý bok přechází přes bok levý a švihová noha se pohybuje nadále vpřed. Tato fáze se při kopu vnitřní stranou nohy neobjevuje, stojná noha zůstává ve flexi.

Fáze 6 kontaktu s míčem. Při kontaktu s míčem je švihová noha při kopu vnitřní stranou nohy ve vyšší extenzi (148,85°), u kopu přímým nártem je to (116,46°). Noha stojná zůstává ve flexi (148,7°). Pravý kotník je ve výrazné flexi (71,03°) a levý kotník také svírá vyšší úhel (87,11°) na rozdíl od kopu přímým nártem (103,26°).

Fáze 7 dokončení pohybu. v závěrečné fázi se pohyb je pohyb velmi podobný u obou typů kopu. Výrazným rozdílovým znakem v této fázi ve srovnání s kopem přímým nártem je extenze v kyčli. Vybrané parametry úhlů při obou typech provedení kopu jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 1).

Mezi vybrané parametry pro hodnocení silového projevu hráče bylo vybráno působení stojné nohy na měřicí desku, které je znázorněno, a popsáno ve třech osách působení na podložku (Obrázek 2). Osa z představuje sílu stojné nohy při tlaku kolmo na podložku v závislosti na čase. Osa x představuje



Obrázek 2. Velikost působící síly v ose z u obou typů kopu
Picture 2. The size of force in z axis in both types of kick

silové působení nohy do stran (pravolevý směr) vzhledem k podložce a osa *y* znázorňuje působení v ose pohybu (předozadní směr).

Na Obrázku 2 jsou znázorněny křivky (osa *z*), která představuje sílu, kterou vyvíjí stojná noha při tlaku kolmo na podložku v závislosti na čase. Horní křivka ukazuje provedení kopu přímým nártem, dolní křivka provedení vnitřní stranou nohy. k nejvyššímu působení síly na podložku dochází v momentě došlapu celého chodidla (viz bod 2). Následuje pokles působení síly, kdy se pravý bok začíná v transverzální rovině vyrovnávat levému boku. Jakmile se boky vyrovnají (viz bod 3), stojná noha je opět výrazněji zatížena až do chvíle flexe v koleni stojné nohy (viz bod 4). Následuje stejnoměrné působení síly stojné nohy a ve chvíli extenze stojné nohy (DK) (viz bod 5-2), kdy se noha odlehčuje a přenáší veškerou energii na nohu švihovou (kopající) až do momentu kontaktu s míčem. Tato fáze se u kopu vnitřní stranou nohy neobjevuje, noha při tomto provedení kopu zůstává ve flexi. Kontakt s míčem se na grafech projevuje mírným zvlněním (viz bod 6).

Při hodnocení silového působení v ose *x* (pravolevý směr) a v ose *y* (předozadní směr) lze konstatovat, že maximální silové působení na podložku při došlapu celého chodidla se v obou osách projevuje ve stejný čas. Fáze vyrovnávání boků se

v uvedených osách neprojevuje, ale fáze flexe stojné nohy se na ose *x* projevuje zvýšením síly a naopak na ose *y* jejím poklesem. Fáze extenze stojné nohy (DK) je pozorovatelná poklesem síly působící na podložku. Moment kontaktu s míčem se na osách projevuje minimálním zvýšením tlaku na podložku. Při interpretaci pomocí dráhy centra silového působení lze zhodnotit, že při fázi došlapu se střed silového působení pohybuje vlevo z pohledu sledované osoby a po dokončení došlapu, kdy následuje vyrovnávání boků, se mění směr došlapu na opačnou stranu. Od fáze flexe stojné nohy zůstává střed silového působení v relativně ustálené hodnotě. z časového hlediska lze zhodnotit, že maximální působení při došlapu celého chodidla na ose *y* při kopu vnitřní stranou nohy nastává nepatrně dříve (přesně o 0,0025 s) než na ose *x*, zatímco při kopu přímým nártem nastává ve stejný čas. Vyrovnávání boků se na ose *y* projevuje opětovným zatížením v předozadní rovině, zatímco osa *x* zůstává v konstantním klesání působící síly. Fáze flexe kolene stojné nohy (DK) se na obou osách projevuje zvýšením působení síly. Kontakt s míčem je na ose *y* zvýrazněn zvlněním, což se u kopu přímým nártem nevyskytuje. Při posouzení pohybu hráče před provedením kopu z hlediska rychlosti lze pozorovat, že hráč provádějící kop pravou nohou dosahuje během

Tabulka 2. Přehled vybraných časoprostorových parametrů předcházejících kopu do míče
Table 2. Selected kinds of spatio-temporal parametres before ball kick

Hráč	poslední krok - PN	rychlost levý bok PN	vzdálenost stojné nohy od míče PN	poslední krok - VS	rychlost levý bok VS	vzdálenost stojné nohy od míče VS
	mm	m/s	mm	mm	m/s	Mm
1	1770	4,085	529,6	1517,4	3,967	422,2
2	1528,5	4,173	378,3	1522,6	4,485	325,4
3	1395,8	3,787	440,8	1372	3,559	341,4
4	1385,3	3,82	326	1479,5	3,972	452,3
5	1267,5	3,923	328,4	1397	4,404	445,6
6	1265,9	4,26	396,9	1229	4,468	350,1
7	1503	4,105	493,4	1460	3,77	513,1
8	1690,2	4,44	434	1595,8	4,109	510,7
9	1563,2	3,865	399,4	1515,7	3,958	343,3
10	1218,8	3,118	573,2	1132,3	3,215	304
11	1079,6	3,383	422,1	1122,3	3,391	378,5
12	1210	3,72	291,7	1066,9	3,119	313

Legenda (Legend): PN – přímý nárt (instep kicking), VS – vnitřní strana nohy (side kicking)

rozběhu nejvyšší rychlosti bezprostředně po přenosu levé nohy před pravou nohu a následném odrazu pravé nohy před vlastním kopem. Stejně tomu je to i při provádění kopu přímým nártem.

Tabulka 2 představuje vybrané parametry pro hodnocení pohybového výkonu hráče. Jedná se o délku posledního kroku, která představuje vzdálenost paty pravé (kopající dolní končetiny při posledním kontaktu se zemí) a paty levé (stojné dolní končetiny při prvním kontaktu se zemí). Pro hodnocení rychlosti rozběhu byla vybrána rychlost bodu reprezentujícího levý bok (umístěn na vnější straně velkého trochanteru) v okamžiku posledního kontaktu pravé dolní končetiny s podložkou (v té chvíli je hodnota rychlosti maximální). Dalším parametrem byla poloha stojné dolní končetiny od míče, která byla počítána jako vzdálenost polohy paty ke středu míče, resp. místu kontaktu míče s podložkou. Míč byl postaven vedle desky ve vzdálenosti 430 mm od hrany (deska měří 600 mm). Všichni hráči kopali ze stejného místa.

Tabulka 3. Rychlosti míče u obou typů kopů (ms^{-1})
Table 3. Ball velocity in both types of kick (ms^{-1})

Proband	Kop přímým nártem - PN					Proband	Kop vnitřní stranou - VS				
	kop 1	kop 2	kop 3	Průměr	VAR		kop 1	kop 2	kop 3	Průměr	VAR
1	96,70	96,20	95,00	95,97	1,70	1	88,10	86,80	79,80	84,90	8,30
2	106,50	106,00	102,50	105,00	4,00	2	103,10	102,90	100,90	102,30	2,20
3	107,40	106,40	104,40	106,07	3,00	3	92,50	92,30	91,60	92,13	0,90
4	93,90	92,30	90,90	92,37	3,00	4	85,00	83,40	82,80	83,73	2,20
5	101,50	99,50	99,20	100,07	2,30	5	87,90	87,30	86,10	87,10	1,80
6	101,20	100,00	99,20	100,13	2,00	6	97,20	96,10	95,10	96,13	2,10
7	104,10	102,00	101,40	102,50	2,70	7	94,30	94,00	93,60	93,97	0,70
8	98,90	95,30	90,80	95,00	8,10	8	94,30	94,20	91,30	93,27	3,00
9	103,60	102,50	102,20	102,77	1,40	9	101,20	100,50	99,60	100,43	1,60
10	102,10	101,50	101,10	101,57	1,00	10	89,80	89,40	88,30	89,17	1,50
11	99,50	98,10	97,80	98,47	1,70	11	91,80	91,70	89,80	91,10	2,00
12	94,80	94,20	91,80	93,60	3,00	12	85,20	85,10	84,70	85,00	0,50
průměr	100,85	99,50	98,03	99,46	2,83	průměr	92,53	91,98	90,30	91,60	2,23

Vybrané parametry jsou společné pro kop přímým nártem i kop vnitřní stranou nohy. Další hodnotícím parametrem byla rychlost míče nejrychlejších kopů, celková dráha silového působení při došlapu na podložku stojné nohy u nejrychlejšího kopu, celková absolutní hodnota síly během působení na podložku stojné nohy u nejrychlejšího kopu. Pro poměrové zhodnocení silového působení bylo potřeba do zhodnocení zahrnout hmotnost sledovaného hráče. Při posouzení korelace sledovaných parametrů se projevilo, že rychlost míče při kopu přímým nártem dosáhla vysoké korelace s rychlostí míče při kopu vnitřní stranou nohy ($r = 0,715$; $p < 0,01$). Dalším zajímavým zjištěním bylo, že rychlost rozběhu u kopu přímým nártem opět vysoce korelovala s posledním krokem u kopu vnitřní stranou nohy ($r = 0,668$; $p < 0,05$). Stejně jako u kopu přímým nártem, tak u kopu vnitřní stranou nohy, byla vysoká korelace mezi rychlostí rozběhu a posledním krokem před kopem do míče ($r = 0,643$; $p < 0,05$). Další ukazatel korelace se objevil u celkové doby došlapu u kopu přímým

nártem s celkovou dobou došlapu u kopu vnitřní stranou nohy ($r = 0,742$; $p < 0,01$). Také maximální působící síla v ose z u kopu přímým nártem koreluje s maximální silou na ose z u kopu vnitřní stranou nohy ($r = 0,533$; $p > 0,05$). Hmotnost hráče je v korelaci s maximální působící silou v ose z u kopu přímým nártem ($r = 0,624$; $p < 0,05$) dále hmotnost souvisí s rychlostí míče u kopu přímým nártem ($r = 0,531$, $p > 0,05$). Navíc se ukázalo, že u kopu vnitřní stranou nohy dochází ke střední korelaci mezi vzdáleností došlapu stojné nohy vedle míče a s délkou posledního kroku ($r = 0,578$; $p < 0,05$). Střední korelace byla také změřena mezi celkovou dobou kontaktu u kopu přímým nártem a rychlostí míče při kopu přímým nártem ($r = 0,343$; $p > 0,05$). Na druhou stranu je zajímavé, že korelace hodnot neprokázala významnější korelaci mezi rychlostí rozběhu a následnou rychlostí míče u kopu přímým nártem ($r = 0,061$; $p > 0,05$), zatímco u kopu vnitřní stranou nohy dochází ke střední korelaci ($r = 0,473$; $p > 0,05$). Nízkou

korelaci má vztah mezi celkovou dobou došlapu u kopu vnitřní stranou nohy a rychlostí míče vnitřní stranou nohy ($r = 0,249$; $p > 0,05$). Vůbec se neprojevila korelace mezi působící silou u obou provedení kopu v závislosti na rychlosti míče. Rychlosti míče u obou typů provedení kopu jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 3).

Diskuze

Výsledky dosažené touto prací jsou srovnatelné s výsledky jiných autorů. Ve studii (NUNOME, 2002) byl měřen kop přímým nártem a kop vnitřní stranou nohy u pěti elitních hráčů, kteří byli ve věku středoškolských studentů, kde kopy vnitřní stranou nohy dosahovaly hodnot průměrných 87,5 km/hod a u kopu přímým nártem 100,8 km/hod. v naší studii dosahovali hráči u kopu vnitřní stranou nohy průměrné rychlosti 91,6 km/hod, u kopu přímým nártem to bylo 99,73 km/hod. v podobné studii (TAINA, 1993) bylo testováno 15 hráčů v průměrném věku 18,1 let a hráči dosahovali rychlosti míče při kopu přímým nártem 96,02

km/hod, což je velmi srovnatelné s našimi výsledky. v další studii zaměřené na starší a zkušené hráče (ASAI & NUNOME, 2006)) bylo 9 hráčů v průměrném věku 27,6 let a tito hráči dosahovali průměrné rychlosti 94,68 km/hod. Srovnatelné výsledky byly nalezeny u elitních hráčů ve věku 19-22 let (BARFIELD, 1995), kteří dosahovali průměrné rychlosti 95 km/hod. Vzhledem k uvedeným výsledkům rychlostí kopů lze konstatovat, že námi sledovaní hráči této věkové kategorie patří již k hráčům fyzicky a technicky kvalitně připraveným. Na druhou stranu lze nalézt u profesionálních hráčů (COMETTI, 1988), že rychlosti hráčů elitní úrovně 106,37 km/hod jsou ještě vyšší. Předpoklad založený i pracích jiných autorů (KERMOND, 1978; NUNOME, 2002; WANG, 1997), že rychlost míče při provedení kopu přímým nártem je obecně vyšší než při provedení vnitřní stranou nohy se potvrdil i v naší studii. Žádný z námi měřených hráčů nedosahoval vyšší rychlosti míče při kopu vnitřní stranou nohy než u kopu přímým nártem. Na druhou stranu také některé studie zveřejňují závislost mezi rychlostí míče při kopu a rychlostí rozběhu (ISOKAWA, 1988; KELLIS, 2004), což se v naší studii nepotvrdilo. Výsledky z korelací vybraných parametrů ukázaly, že u našich sledovaných hráčů jsme nezjistili vyšší závislosti mezi rychlostí rozběhu a následnou rychlostí míče u kopu přímým nártem ($r = 0,061$; $p > 0,05$), zatímco u kopu vnitřní stranou nohy byla zjištěna střední korelace ($r = 0,473$; $p > 0,05$). Nejrychlejší naměřená rychlost míče při provedení kopu přímým nártem v naší studii byla 107,4 km/hod (hráč 3), při provedení kopu vnitřní stranou nohy nebyla dosažená rychlost míče výrazněji pomalejší 103,1 km/hod (hráč 2). Hráč 3 působil u nejrychlejšího kopu stejnou nohou výrazně kratším časem a druhou nejvyšší silou ze všech hráčů.

Hráč 2 měl velmi vyrovnané rychlosti kopů mezi kopem přímým nártem (106,5 km/hod) a vnitřní stranou nohy (103,1 km/hod). Jeho dosahované časy působení na podložku byly nejdelší a silové působení bylo průměrné vzhledem k celé skupině. Hráč 2 však takto působil ve všech svých kopech a ne jen v těch nejrychlejších.

Závěr

Jedním ze základních cílů práce bylo posoudit, že silové působení stejné nohy (DK) na podložku by mělo trvat co nejkratší čas za současného působení maximálních sil v měřených osách. Vzhledem k nízké korelaci mezi působící silou stejné nohy na měřicí desku a následnou rychlostí míče u kopu přímým nártem ($r = 0,118$; $p > 0,05$) a u kopu vnitřní stranou nohy ($r = 0,133$; $p > 0,05$) se tento předpoklad nepodařilo prokázat. Dalším cílem bylo ověřit předpoklad, že pokud by čas působení síly na podložku byl co nejkratší a působení těchto sil co nejvyšší, měl by míč dosahovat nejvyšších

rychlostí. Tento předpoklad byl splněn u kopu přímým nártem šesti hráčů, další čtyři hráči splnili pouze část položeného předpokladu. v některých naměřených hodnotách dosahovali nejlepších výsledků, avšak u jiných naměřených hodnot ne. u zbylých dvou hráčů nebylo zaznamenáno splnění žádné části předpokladu. u kopu vnitřní stranou nohy bylo zaznamenáno splnění předpokladu přesně u šesti hráčů. Hráči, kteří například působili při nejrychlejší kopu na měřicí desku nejkratší čas, avšak síly mírně zaostávaly za maximální hodnotou, byli bráni jako vyhovující, jelikož časová hodnota byla brána jako stěžejní. Krátká doba působení stejné nohy na podložku reprezentovaná vysokou dynamikou došlapu má za následek nárůst rychlosti míče. Během měření jsme zjistili, že nejrychlejší kop může ovlivnit také působení na osách dráhy. Nejrychlejší kopy většinou dosahovaly nejdelší dráhy silového působení do podložky v předozadním směru (rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou na ose y v nejkratším čase). Podobně tomu tak bylo i v pravolevém směru (změna v ose x), avšak zde se jedná o rozdíl mezi maximální hodnotou a hodnotou stabilizovanou (v pravolevém směru se nejedná o hodnotu minimální). Skoro u všech hráčů se prokázala vyšší rychlost kopu při provedení přímým nártem, ale na druhou stranu pět měřených hráčů dosahovalo velmi podobných měřených hodnot.

Literatura

- Assai, T., Carre, M., Akatsuka, T. & Hakee, S. (2002). *The curve kick of a football impact with the foot*. Sports Engineering 5, 183-192.
- Assai, T. & Nunome, H., (2006). *The effect of muscle fatigue on instep kicking kinetics and kinematics in association football*. Journal of sport science 24, 951-960.
- Bull-Andersen, T. & Dorge, H. (1999). *Collisions in soccer kicking*. Sports Engineering 2, 121-125.
- Cabri, J., De Proft, E., Dufour, W. & Clarys, J. (1988). *The relation between muscular strenght and kick performance*. In: *Science and football*. Eds: Reilly, T., Lees, A., Davids, K. and Murphy, W. London: E & FN Spon. 186-193.
- Dorge, H., Bull-Andersen, T., Sorensen, H. & Simonsen, E. (2002). *Biomechanical differences in soccer kicking with the preferred and the non-preferred leg*. Journal of sports Science 20, 293-299.
- Isokawa, M. & Lees, A. (1988). *A biomechanical analysis of instep kick motion in soccer*. In: *Science and football*. Eds: T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W. Murphy (eds.), Proceedings of oral sessions, science and football (pp. 449-455). London: E & FN Spon.
- Eklom, B. (1986). *Applied fysiologie of soccer*. Sports Medicine 3, 50-60.

- Kellis, E. & Katis, A. (2004). *Knee biomechanics of the support leg in soccer kicks from free angles of approach*. Medicine a Science in sports and exercise 36, 1017-1028.
- Kermond, J. & Konz, S. (1978). *Support leg loading in punt kicking*. Research Quarterly 49, 71-79.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). *The biomechanics of soccer: A review*. Journal of sport science, 3, 211-234.
- Levanon, J. & Dapena, J. (1998). *Comparasing of the kinematics of the full-instep and pass kicks in soccer*. Medicine and science in sport and exercise 30, 917-927.
- Luhtanen, P. (1988). *Kinematics and kinetics of maximal instep kicking in junior soccer players*. In: *Science and football*. Eds: Reilly, T., Lees, A., Davids, K. and Murphy, W.J. London: E @ FN spon. 441-448.
- Malý, T., Zahálka, F., Dovalil, J., Malá, L., & Hráský, P. (2009). *The effect of external resistance method on the change of elite football players' shooting speed*. In S. Loland, K. Bø, K. Fasting, J. Hallèn, Y. Ommundsen, G. Roberts & E. Tsolakidis (Eds.), *Sport sciences: Nature, Nurture and Culture. Book of Abstracts 14th annual Congress of the European College of Sport Science* (pp. 75). Oslo: Gamblebyen Grafiske AS.
- Nunome, H., Asai, T. & Ikegami, Y. (2002). *Three-dimensional kinetic analysis of in-side and instep soccer kicks*. Medicine and science in sport and Exercise 34, 2028-2036
- Roberts, E. & Zernicke, R. (1974). *Kinetic parameters of kicking*. In: *Biomechanics IV*. Eds: Nelson, R. and Morehouse, C. Baltimore: University Park Press. 157-162.
- Taina, F., Grehaigne, J. & Cometti, G. (1993). *The influence of maximal strength training of lower limbs of soccer players on their physical and kick performance*. In: *Science and soccer II*. Eds: Reilly, T., Clarys, J. and Stibbe, A. London: E & FN Spon. 98-103.
- Trolle, M., Aggard, P., Simonsen, J. & Bangsbo, J. & Klazsen, K. (1993). *Effects of strength training on kicking performance in soccer*. In: *Science and soccer II*. Eds: Reilly, T., Clarys, J. and Stibbe, A. London: E & FN Spon. 95-98.
- Tsaousidis, N. & Zatsiorsky, V. (1996). *Two types of ball-effector interaction and their relative contribution to soccer kicking*. Human Movement Science 15, 861-876.
- Wang, J.S. & Griffin, M. (1997). *Kinematic analysis of the soccer curve ball shot*. Strenght and conditioning Feb, 54-57.
- Weineck, J. (1997). *Fussballtraining. Teil 1: Konditiostraining des Fussballspielers*. Perimed: Spitta Verlag. (In German).

Kontaktní adresa:

Ing. František Zahálka, Ph.D.

Laboratoř sportovní motoriky, FTVS UK Praha

José Martího 31, 162 52 Praha 6 – Veleslavín

Telefón: +220 171 111

Mail: zahalka@ftvs.cuni.cz