

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta tělesné kultury

KINEMATICKÁ ANALÝZA KOPU VE FOTBALE

Bakalářská práce

Autor: Michal Zelík, učitelství pro střední školy,
tělesná výchova – biologie

Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

Olomouc 2011

Jméno a příjmení autora: Michal Zelík
Název bakalářské práce: Kinematická analýza kopu ve fotbale
Pracoviště: Katedra biomechaniky a technické kybernetiky
Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.
Rok obhajoby bakalářské práce: 2011

Abstrakt:

V práci se zabýváme kinematickou analýzou fotbalového kopu. Zkoumáme rozdíly v poloze vybraných bodů těla, rozdíly v rychlosti a zabýváme se určením jednotlivých fází kopu.

Klíčová slova: fotbal, fotbalový kop, kinematická analýza

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Autor's first name and surname: Michal Zelík
Title of the thesis: Kinematic analysiss of kick in football
Department: Department of Biomechanics and Technical Cybernetics
Supervisor: Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.
The year of presentation: 2011

Abstract:

We are engaged the kinematic analysis of the soccer kick, in this dissertation. We investigate differences in the position of selected points of the body, differences in speed and we are identifying the various phase of the kick.

Keywords: football, football kick, kinematic analysis

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod dohledem Mgr.
Zdeňka Svobody, Ph.D., s použitím pramenů uvedených v seznamu literatury.

V Olomouci dne 26. dubna 2011

.....

Děkuji Mgr. Zdeňku Svobodovi PhD., za poskytnutí cenných informací v oblasti biomechaniky a katedře biomechaniky a technické kybernetiky za vypůjčení technického vybavení.

V Olomouci dne 26. dubna 2011

.....

OBSAH

1 ÚVOD	7
2 ŘEHLED POZNATKŮ	9
2.1 Historie fotbalu	9
2.1.1 Historie míčových her podobných fotbalu	9
2.1.2 Historie novodobého fotbalu	10
2.2 Herní činnosti jednotlivce	11
2.2.1 Obranné činnosti	11
2.2.2 Útočné činnosti	12
2.3 Fotbalový kop	15
2.3.1 Dělení fotbalových kopů a jejich stručný popis	16
2.3.2 Fáze fotbalového kopu	18
2.4 Zkoumání pohybu	20
2.4.1 Kinematická analýza pohybu	20
2.4.2 Systém Vicon MX	22
3 CÍLE	24
4 METODIKA	25
4.1 Měření	25
4.2 Zpracování získaných dat	25
5 VÝSLEDKY	27
6 DISKUSE	38
7 ZÁVĚR	42
8 SOUHRN	43
9 SUMMARY	44
10 REFERENČNÍ SEZNAM	45

1 ÚVOD

Fotbal je jedna z nejoblíbenějších a nejpobulárnějších sportovních her současnosti nejen v České republice, ale i na celém světě. Fotbal hrají a mají rádi lidé téměř všech věkových kategorií. Ve světě je registrováno více než 40 milionů hráčů. Bezpočet dalších lidí se však fotbalu věnuje rekreačně. V České republice je, podle Českomoravského fotbalového svazu, registrováno téměř 430 tisíc dospělých a přes 280 tisíc mládeže. Profesionálních hráčů je 1709 a počet klubů je 4 148. Fotbal sledují tisíce diváků na stadionech a statisíce u televizních obrazovek. Fotbal je společenský fenomén, který zasahuje nejen sportovní fanoušky a nadšence. Není žádným tajemstvím, že nejprestižnější zápasy jsou vrcholnou společenskou událostí.

Fotbal se postupně vyvíjel z míčových her, pravidla také nebyla vždy stejná a vyvíjí se pořád. Dnešní fotbal, vznikl pravděpodobně v Anglii, kde mu také dali jméno football (foot = noha, ball = míč). Fotbal má svoje pevně stanovená pravidla, ale jinak to je hra velmi proměnlivá. Je to hra dvou týmů, po jedenácti hráčích. Cílem hry je dostat míč, bez pomoci rukou, za soupeřovu brankovou čáru a soupeři se v tomto snažit zabránit. Hraje se ve vymezeném prostoru, na dvě brány. Pokud míč opustí vymezený prostor, nastává rozehrání rukou (při autech) nebo nohou (při rozích, odkopech od brány). Do hry můžou, kromě již zmíněných jedenácti hráčů základní sestavy, zasáhnou také tři střídající hráči. Na průběh hry dohlíží rozhodčí. Zápasy nejnižších soutěží rozhoduje pouze jeden delegovaný rozhodčí, ve vyšších soutěžích řídí zápas tři delegovaní rozhodčí (jeden hlavní a dva pomezní), pokud nepočítáme náhradního rozhodčího. Od roku 2009 rozhoduje zápasy Evropské ligy pět rozhodčích, k tradiční trojici se připojili ještě dva brankoví rozhodčí.

Moderní fotbal klade na hráče stále větší fyzické i psychické nároky, například zvyšování motorických schopností (kondičních, rychlostních, koordinačních), zlepšování technické vybavenosti, zvyšuje se také důraz na taktickou stránku a psychickou odolnost. Fotbal se stal atletičtější, rychlejší, dynamičtější. Pokud chce hráč prorazit na vrcholovou úroveň, potřebuje samozřejmě talent, ale velmi důležitá je také fyzická připravenost, sebedůvěra, pracovitost, ctížádost, odhodlání, a další vlastnosti. Hráč by měl zvládat střídavou intenzitu zatížení odpovídající herní úrovni. Hráč musí neustále sledovat okolí, dobře a rychle se v něm orientovat. Zejména časový prostor se stále zmenšuje. Dnes už fotbalisté nemají tolik času jako dříve.

Z pohledu biomechaniky je fotbal velmi složitou činností. Během hry hráči zvládají různé cyklické a acyklické pohybové činnosti, zejména dolních končetin. Horní končetiny tolik různorodých pohybů zvládat nemusí. Biomechanika, stejně jako jiné vědní obory (fyzika, antropomotorika, fyziologie nebo anatomie), pomáhá pronikat do tajů těchto pohybů. V biomechanice došlo v posledních letech k velkému rozvoji metod. Pomocí kinematické analýzy je možné zkoumat provedení vybraných pohybových dovedností v různých zejména individuálních sportech. Přestože je fotbal sport kolektivní, individuální herní výkon hraje důležitou roli. Proto jsem si pro svou práci vybral téma kinematické analýzy kopu.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Historie fotbalu

Podle dochovaných pramenů se fotbal zrodil v šedesátých letech minulého století v Anglii. Ale pokud se vydáme hluboko do historie, nalezneme řadu předchůdců dnešního fotbalu. Dříve než o fotbalu však budeme mluvit o míčových hrách, které se začali rozvíjet s vynálezem míče. Určit datum a místo, kde míč poprvé spatřil světlo světa, se nejspíš nikdy nepodaří přesně určit. Například míče vyobrazené v chrámu v egyptském Jarmaku jsou téměř čtyři tisíce let staré (Macho, 1996).

2.1.1 Historie míčových her podobných fotbalu

Co se týče míčových předchůdců fotbalu, nejstarší zmínky pocházejí z Číny ze 4. a 3. století př. n. l., Číňané hrávali hru s názvem su-chu, což v překladu znamená kopat do míče. Míč byl pravděpodobně vyroben ze zvířecí kůže, vyplněn peřím nebo vlasy, hráči jej ovládali nohama a snažili se míč umístit do košů, které se podobaly dnešním basketbalovým. Koše měly průměr 30 – 40 cm a byly umístěny na tyči ve výšce přibližně 9 metrů, proto dosažení branky bylo velice náročné a hráči museli míč perfektně ovládat. Tuto hru začali provozovat vojáci, ale brzy se rozšiřovala mezi obyčejné lidi, později si hru oblíbili také ženy.

Ve 2. století se ve starověkém Řecku hrávala míčová hra s názvem episkyros, tato hra se spíše podobá dnešní házené nebo ragby, ale jisté podobnosti nalezneme i s fotbalem. Z Řecka převzali míčové hry i Římané, tam je provozovali vojáci a lidé v lázních. Římskou obdobou episkyrosu se stal harpaston. Harpaston se hrál se s malým míčem, který byl většinou vyroben z vycpané kůže zvířat. Hrálo se rukama i nohama, jenom nosit míč bylo zakázáno. Tato hra byla provozována na značeném hřišti srovnatelném s dnešním hokejovým kluzištěm a římscí vojáci v ní zábavnou formou trénovali svou vytrvalost, obratnost, sílu a rychlost. Hrály dva týmy, na každé straně bylo 5-12 hráčů. Na začátku zápasu se vhozením mince rozhodlo, který tým získá míč a bude útočit. Úkolem bylo dopravit míč jakýmkoliv způsobem za soupeřovu pomezí čáru. Hra to byla neuvěřitelně rychlá a tvrdá a bylo dovoleno i faulovat. Délka hry se lišila podle domluvy mezi soupeřícími týmy.

Během expanze římských vojsk se tato hra dostala na britské ostrovy i do Evropy. Například do Francie přinesli Římané Harpaston někdy roku 50 př.n.l. Francouzům se hra

zalíbila, postupně se měnila a vyvíjela. Později si Francouzi vytvořili vlastní verzi této hry, kterou pojmenovali Choule nebo Soule. Hrát se začínalo vyhozením míče do vzduchu a cílem hry bylo vstřelit branku, brankou mohl být strom, zeď nebo cokoli jiného. Míč byl těžký, vyroben ze sešité kůže a byl vycpán slámou, senem nebo otrubami. Tuto hru hrály většinou mezi sebou dvě vesnice nebo mládenci proti ženatým. Hřiště bylo dlouhé kolem tří set metrů a hrály někdy i stovky hráčů proti sobě. Hra byla velice tvrdá a násilná.

Itálie se v době renesance chovala k fotbalu velmi vlídně. Během 14. až 16. století se v Itálii rozvíjely všechny míčové hry. Nejoblíbenější hra se jmenovala *calcio* a jejím centrem byla Florencie. Odtud se calcio šířilo do italských měst (Řím, Boloňa, Padov a další), ale i do sousedních států. Zápasy se hrály hlavně v období karnevalů, to je v prvních třech měsících roku. Hrál se míčem, který byl vycpaný. Hráči jej mohli kopat i odbíjet rukama, ale bylo zakázáno míč nosit. Branky zpočátku nebyly, cílem bylo dopravit míč za soupeřovu zadní linii. Hrály dva týmy po dvaceti až čtyřiceti hráčích. Později se počet hráčů ustálil na dvacet sedm. Souboje byly velmi tvrdé, krev byla běžnou součástí.

Zmínky o předchůdci fotbalu se objevily i v Americe. Hru pěstovali zejména indiánské kmeny a pojmenovali ji jako pasuckqualkkohowog. Zápasy probíhaly na písčitých plážích. Hřiště bylo dlouhé kolem půl kilometru, hráči kopali do míče. Hráčů bylo třicet, někdy i mnohem více. Rozhodčí neexistoval.

V Anglii, se první zaznamenané utkání odehrávaly už v 9. století. Tato hra se hrála zpočátku mezi městy, později se přesunula na náměstí a do ulic měst. Hra neměla přesná pravidla, proto byla častá zranění nejen hráčů, ale i diváků. Postupně začal obyvatelům měst vadit hluk a nepořádek, který zůstával po těchto zápasech. Proto vládcí vydávali různé vyhlášky, které zakazovaly předchůdce fotbalu. Fotbal postupem času upadal a klesala i jeho obliba. Na začátku 19. století se hrál fotbal jen výjimečně a úřady jej chtěly dokonce úplně zlikvidovat (Macho, 1996).

2.1.2 Historie novodobého fotbalu

V průběhu průmyslové revoluce fotbal značně upadal. Průmyslová výroba zabírala půdu na venkově. Tam se ale průmyslníci setkávali s odporem, ve kterém hráli velkou roli právě fotbalisté. Tak se fotbal dostal do nemilosti úřadů. Obrat začal v první polovině 19. století, kdy začali fotbal podporovat učitelé a studenti. Zejména střeňích soukromých škol, například v Cambridgi, Westminsteru, Harrowu, Etonu a zejména v Rugby. Na těchto školách dochází k rozmachu nejen fotbalu, ale i kriketu, atletiky nebo veslování. Každá škola měla

vlastní pravidla, která se od sebe mohla často lišit. Na některých školách bylo dovoleno zpracovat míč i rukou, na jiných hrát rukou nesměli ani brankáři. Roku 1845 byla sepsána pravidla na škole v Rugby, pravidla byla pojmenována jako Zákony fotbalu. Šlo v nich zejména o zmírnění tvrdosti hry a její nahrazení taktikou. Roku 1848 vydala svá pravidla fotbalu i škola v Cambridgi, podle nich se přizpůsobily pravidla i na ostatních školách. Tyto pravidla se nedochovala. Nejstarší dochovaná pravidla jsou z roku 1862, jsou velmi stručná a jednoduchá. Z důvodů sjednocení pravidel a organizování zápasů byla roku 1863 v Anglii založena první fotbalová organizace, The Football Association (FA), tento název si Angličané ponechali do dneška. Krátce po založení této organizace byla sepsána a schválena nová pravidla. Po Anglii si založili vlastní fotbalové asociace i ve Skotsku, Walesu a Irsku a postupně se rozšířily do celého světa. V roce 1871 pak vznikla první fotbalová soutěž, Anglický pohár. První mezinárodní utkání bylo sehráno roku 1872 v Glasgowě a skončilo remízou 0:0. Od těchto zmíněných okamžiků začala popularita fotbalu stoupat a z fotbalu se postupně stal světový fenomén (Macho, 1996).

2.2 Herní činnosti jednotlivce

Herní činnosti jednotlivce jsou složeny ze dvou stránek (technická stránka a taktická stránka), které spolu vzájemně souvisí a během utkání jsou neoddělitelné.

Technická stránka je způsob provedení jednotlivých činností, obsahuje různé složité pohybové vzorce a je velmi variabilní.

Taktická stránka souvisí s herními situacemi. Jde o to, jak hráč vnímá jednotlivé herní situace a jak tyto situace umí vyhodnotit za použití vlastního řešení (Navara & Buzek & Ondřej, 1986).

2.2.1 Obranné činnosti

Mezi obranné činnosti jednotlivce patří: obsazování hráčů, obsazování prostoru, odebrání míče. Ale pro tuto práci nejsou zmíněné činnosti příliš významné, proto se jimi nebudeme dále zabývat.

2.2.2 Útočné činnosti

Mezi útočné činnosti jednotlivce patří: výběr místa, vedení míče a obcházení soupeře, přihrávání, zpracování míče, střelba. Tyto si rozebereme detailněji.

Výběr místa

Výběr místa je pohyb (chůze, poklus, běh) hráče bez míče, za účelem získání nejvýhodnějšího postavení. Hráč musí neustále pozorovat a reagovat na spoluhráče, soupeře a prostory. Hráč ve správném postavení by měl vytvářet se dvěma sousedními spoluhráči rovnostranný trojúhelník. Je žádoucí, aby správný výběr místa prováděli všichni hráči, jak v útočné fázi, tak v obranné. Navíc větší počet hráčů, kteří aktivně reagují na potřeby spoluhráče s míčem i bez míče, znesnadňuje obrannou činnost (Navara & Buzek & Ondřej, 1986; Navara et al., 1966).

Vedení míče a obcházení soupeře

Vedení míče je činnost hráče, při které ovládá míč a má jej pod kontrolou, to vše během chůze, plynulém nebo přerušovaném běhu. V dnešním moderním fotbale se vedení míče nevyužívá tolik jako dříve, protože zpomaluje hru. Používá se, když hráč nemůže přihrát žádnému spoluhráči (všichni jsou obsazení), když se chce hráč s míčem dostat do výhodnějšího prostoru. Něco jiného je ovšem obcházení soupeře. To trenéři přímo vyžadují, ale jen pokud se hráč nahází ve vhodném prostoru - asi žádný trenér nemá rád, když se o kličku pokouší stoper, který není zajištěn nebo brankář. Je více způsobů vedení míče, každý způsob se používá při jiné herní situaci. Hráč tedy musí nejen perfektně ovládat míč, ale i zvolit optimální způsob jeho vedení v dané situaci. Druhy vedení míče:

Vedení míče vnitřní stranou nohy - používá se ve zhuštěném prostoru, kde je převaha soupeře. Hráč se při tomto vedení pohybuje střední intenzitou a může relativně snadno měnit směr běhu. Jedná se tedy o bezpečný způsob vedení. Provedení je následující: špička úderové nohy je vytočena od těla, tak aby míč lehce udeřila vnitřní stranou nohy. Míč se po odrazu pohybuje šikmo vpřed, před druhou nohu, která jej usměrní stejným způsobem zpět. Trup je mírně předkloněn, paže pracují jako při běhu.

Vedení míče přímým nártem - používá se ve volném prostoru. Jedná se o rychlé přímočaré vedení míče, proto je jedním z nejobtížnějších. Úderovou plochou nohy je přímý nárt, což je zhruba oblast šněrování. Toto vedení vyžaduje vyvinutý cit pro míč, aby neodskakoval daleko od nohy. Trup je v mírném předklonu, paže opět pracují jako při běhu.

Vedení míče vnějším nártem - používá se v podobných situacích jako vedení přímým nártem, tzn. ve volném prostoru nebo při rychlém přesunu. V porovnání s vedením vnitřní stranou nohy to je mnohem rychlejší, ale také méně bezpečné. Úderová plocha nohy je vnější nárt, z toho důvodu musí být noha lehce vytočena dovnitř. trup a ruce pracují stejně jako u předešlých způsobů (Mydlář, 1979; Navara & Buzek & Ondřej, 1986).

Přihrávání

Přihrávka je záměrné usměrnění míče nohou, hlavou nebo jinou částí těla tak, aby jej spoluhráč mohl co nejjednodušeji zpracovat. Přihrávání je základem spolupráce dvou a více hráčů. Za přihrávku je zodpovědný především přihrávající hráč. Přihrávky můžeme dělit různých hledisek. Navara (1986) dělí přihrávky takto:

a) podle části těla, kterou přihráváme

- nohou.
- hlavou (čelem, spánkovou částí),
- rukou (při vhazování ze zámezí),
- jinou částí těla;

b) podle vzdálenosti letu míče

- přihrávky na krátkou vzdálenost (do 15 m),
- přihrávky na střední vzdálenost (15 až 30 m),
- přihrávky na dlouhou vzdálenost (nad 30 m);

c) podle výšky letu míče

- přízemní (do výše kolen hráče),
- polovysoké (do výše hlavy hráče),
- vysoké (nad výši hlavy hráče);

d) podle směru letu míče

- kolmé vpřed,
- šikmé vpřed,
- stranou,
- vzad.

Navara uvádí ještě další dělení, například podle rotace míče, podle rychlosti míče, pro představu nám stačí výše uvedené.

Zpracování míče

Zpracování je činnost, kterou hráč získává přihraný míč pod svou kontrolu. Zpracování je, stejně jako přihrávka, základem spolupráce dvou a více hráčů. Způsob zpracování míče by měl odpovídat dané herní situaci. Z toho důvodu je nutné, aby hráč ovládal všechny druhy zpracování, a to oběma nohama. Při jakémkoliv zpracování míče je důležitý správný odhad dráhy letu míče a včasné zaujmutí správného postavení ke zpracování. Máme tři základní způsoby zpracování: tlumení míče, převzetí míče a stahování míče.

Tlumení míče je zpracovávání přihrávek po odrazu ze země. Většinou se jedná o polovysoké a vysoké přihrávky. Po dopadu je míč přikryt částí nohy, kterou je tlumen, od ní se odráží vpřed. Tlumit míč můžeme chodidlem, vnitřní stranou nohy a vnější stranou nohy. Tlumení míče se v současném fotbale vyskytuje velmi málo, ale i přesto je důležitou součástí herního projevu jednotlivce.

Převzetí míče je zpracovávání přihrávek, která označujeme jako přízemní. V utkání se tento způsob uplatňuje nejčastěji. Přibírající hráč může být v pohybu nebo stát na místě. Převzetí míče se uskutečňuje vnější stranou nohy, dále chodidlem nebo přímým nártem. Nejčastěji se k převzetí míče používá vnitřní strana nohy. Převzetí provádíme mírně zvednutou, uvolněnou nohu, která je k míči natočena stranou.

Stahování míče je zpracovávání polovysokých a vysokých přihrávek přímo ze vzduchu. Stahování míče provádíme nártem, vnitřní stranou nohy, vnější stranou nohy, stehnem, hrudníkem, hlavou. Stahování míče spočívá v tom, že noha (případně jiná část těla) jde vstříc letícímu míči. Těsně před dopadem míče na určenou část nohy, hráč udělá pohyb shodný se směrem pohybu míče, tím dojde ke snížení rychlosti míče. Stažení míče je technicky velmi těžké, protože vyžaduje vyvinutý cit pro míč. Stažení míče nevyžaduje mnoho prostoru ani času (Korček & Kšiňan & Mráz, 1982; Mydlář, 1979; Navara & Buzek & Ondřej, 1986).

Střelba

Střelba je záměrné usměrnění míče do branky tak, aby jej obránce nebo brankář nemohli zneškodnit. Účinnost střelby je závislá na technice jejího provedení, ale i na vhodné střelecké pozici, včasnosti střelby, umístění míče apod. Střelba je vyvrcholením útočné fáze. Dělení střelby podle Navary (1986):

- a) podle části těla, kterou usměrňujeme míč na branku
 - střelba nohou
 - střelba hlavou (čelem, spánkovou částí hlavy);

b) podle vzdálenosti, odkud střílíme:

- střelba z bezprostřední blízkosti (z brankového území),
- střelba ze střední vzdálenosti (do 20 m od branky),
- střelba z velké vzdálenosti (nad 20 m od branky);

c) podle výšky letu míče:

- střelba přízemní,
- střelba polovysoká,
- střelba vysoká;

d) podle rotace míče:

- střelba přímá,
- střelba obloukem;

e) podle rychlosti letu vystřeleného míče:

- střelba prudká,
- střelba měkká;

f) podle činnosti, která střelbě předcházela:

- střelba z místa (pokutový kop, přímý volný kop),
- střelba po vedení míče,
- střelba po obejití soupeře,
- střelba po zpracování míče,
- střelba prvním dotykem po přihrávce.

Navara (1986) také uvádí některé statistiky týkající se střelby. Jedná se o statistiky z devatenácti zápasů evropských pohárových soutěží z roku 1980. Celkem padlo 58 branek. Z toho 9 branek bylo vstřeleno z místa (6 z pokutových kopů, 3 z přímých volných kopů). Nejvíce (36) branek bylo vstřeleno prvním dotykem po přihrávce, 7 branek bylo vstřeleno po zpracování míče, 3 branky po obejití soupeře, 2 branky po vedení míče a 1 branka byla vlastní. V dnešní době by tyto statistiky vypadaly sice trochu jinak, ale i tak myslím, že hodně vypovídají

2.3 Fotbalový kop

Kop je základní činnost hráče s míčem. Pojem kop znamená úder částí nohy do míče s cílem usměrnit jeho letovou dráhu. Mezi fotbalové kopy řadíme střelu a přihrávku. Do této kapitoly také patří hlavičkování, které ale pro nás není důležité, tudíž se jím nebudeme zabývat.

2.3.1 Dělení fotbalových kopů a jejich stručný popis

Kopy se dají dělit podle různých hledisek. Základní rozdělení kopů, podle Korčeka a Bohnyho, je podle způsobu vykonání kopu:

- a) kopy vnitřní stranou nohy,
- b) kopy přímým nártem,
- c) kopy vnitřním nártem,
- d) kopy vnějším nártem,
- e) kopy vnější stranou nohy,
- f) kopy špičkou,
- g) kopy kolenem,
- h) kopy patou.

Kop vnitřní stranou nohy

Jelikož míč zasahuje velká plocha nohy, je tento kop velmi přesný. Přesnost kopu je většinou nepřímě úměrná jeho rychlosti. Další nevýhodou je signalizace směru tohoto kopu, hráč musí značně vytočit kopající nohu. Pohyb nohou autoři popisují následovně, rozběh se provádí ve směru kopu. Stojná noha dopadá od míče asi 10 - 15 cm a je lehce pokrčená, je na ní váha těla a špička směřuje do směru kopu. Během nápřahu a švihů se kopající noha vytáčí od těla. V okamžiku kopu je kopající noha pokrčená v koleni, vytočená v kyčelním kloubu a zpevněná v hlezenním kloubu. Její špička je vytočená tak, aby bylo chodidlo rovnoběžně se zemí a zároveň kolmé ke směru kopu. Úderová plocha nohy je od vnitřního kotníku až po kloub palce. Na úder navazuje dotažení pohybu kopající nohy a přenesení váhy těla na tuto nohu. Tento kop se používá k přihrávání na krátké a střední vzdálenosti nebo ke střelbě z bezprostřední blízkosti (Korček & Bohny, 1962; Mydlář, 1979; Navara & Buzek & Ondřej, 1986).

Kop přímým nártem

Technicky velmi náročný kop. Je těžce čitelný a nenarušuje rytmus pohybu hráče s míčem. Uplatňuje se při něm velký rozsah pohybu. Rozběh je ve směru zamýšleného kopu, stojná noha dopadá pokrčená asi 15 - 30 cm od míče a její špička směřuje na cíl. Současně s dopadem stojné nohy dochází k nápřahu kopající nohy, na něj navazuje švih stehna a bérce. V okamžiku kopu je kopající noha pokrčená v koleni, koleno je nad míčem, nárt je kolmo k zemi. Noha se nijak nevytáčí. Kopací noha udeří do míče přímým nártem, to je zhruba

oblast šněrování kopaček. Nejčastější chyby, které uvádí Dlouhý (1999), jsou: nesledování míče, došlápnutí stojné nohy před nebo za míč a celkové zpomalení pohybu. Využívá se při přihrávce na dlouhou vzdálenost nebo střelbě z velké vzdálenosti. Ke kopům přímým nártem řadíme i kopy z voleje (Korček & Bohny, 1962; Mydlář, 1979; Navara & Buzek & Ondřej, 1986).

Kop vnitřním nártem

Rozběh je pod úhlem asi 45° - 60° od směru cíle. Mírně pokrčená stojná noha dopadá na zem asi 20 - 40 cm od míče a je zatížena váhou těla. V okamžiku dopadu stojné nohy je už kopající noha napřažená. Na náprah navazuje švih kopající nohy. Dráha, kterou noha vykoná při švih, není přímá, ale je obloukovitě zakřivená. Těsně před vlastním kopem se noha vytáčí od stojné nohy, tak aby mohla míč zasáhnout vnitřním nártem. Následuje přenesení váhy na kopající nohu a dokončení pohybu. Tento kop se využívá na střední a dlouhé vzdálenosti. Isokawa a Lees (1988) zkoumali optimální náběhový úhel pro kop vnitřním nártem. Měřili rychlost míče a jednotlivých segmentů nohy, v různých náběhových úhlech (0° , 15° , 30° , 45° , 60° a 90°). Nutno podotknout, že rozběh byl pouze jednokrokový. Maximální rychlost berce byla naměřena při úhlu 30° a maximální rychlost míče byla naměřena u úhlu 45° . Isokawa a Lees za optimální rozběhový úhel tedy pokládají 30° - 45° (Isokawa & Lees, 1988; Korček & Bohny, 1962; Mydlář, 1979; Navara & Buzek & Ondřej, 1986).

Kop vnějším nártem

Řadí se k technicky náročnějším kopům. Provedení je přibližně stejné jako u kopu přímým nártem. Rozdíl je v tom, že před udeřením míče se kopající noha stáčí špičkou ke stojné noze, do míče tak udeří vnější stranou nártu. Největší uplatnění tohoto kopu je u rychlých, překvapivých přihrávek na střední vzdálenost (Mydlář, 1979; Navara & Buzek & Ondřej, 1986).

Kop špičkou

Jedná se o velmi prudký kop, ale díky malé uderové ploše je také velmi nepřesný. Používá se v těžkém, blátivém terénu, při vypichování míče nebo při střelbě. Rozdíl oproti jiným kopům je v úderové ploše a v kratším náprahu (Korček & Bohny, 1962).

Kop kolenem

Průběh kopu je podobný ostatním pouze v první části. Stejně je postavení hráče, zášvih je také podobný, ale při švihu zůstává holeň skrčená, nedochází k propnutí kopající končetiny. Síla pohybu přechází do míče přes koleno. Úder nastává zhruba ve výšce pasu. Kop patou je využíván v situacích, kdy hráč nemá dostatek času, je na něj vytvořen tlak soupeřem. Lze použít jako osvobozující odkop nebo jako střela na bránu (Korček & Bohny, 1962).

Kop patou

Provádí se tak, že stojná noha dopadá vedle míče, ale je více před míčem. Kopající noha je přenesena před míč a energetickým zanožením jej zasahuje patou. Používá se jako překvapující přihrávka (Korček & Bohny, 1962).

2.3.2 Fáze fotbalového kopu

Při pozorování kopu můžeme rozpoznat a snadno popsat jeho fáze. Korček a Bohny (1962) uvádějí čtyři základní fáze kopu:

- rozběh (chybí při kopech z místa),
- zaujetí správného postavení,
- vlastní kop (složený z nápřahu, švihu a úderu do míče),
- dokončení pohybu kopající nohy.

V literaturách od jiných autorů se můžeme setkat i s jiným fázováním kopu. Například Janura a Zhálka (2004) uvádějí tyto fáze:

- pohyb stehna a bérce směrem vzhůru během zášvihu,
- pohyb stehna a bérce směrem vpřed a flexe v kyčelním kloubu,
- snížení úhlové rychlosti stehna spojené se zvýšením úhlové rychlosti bérce,
- pohyb po úderu míče.

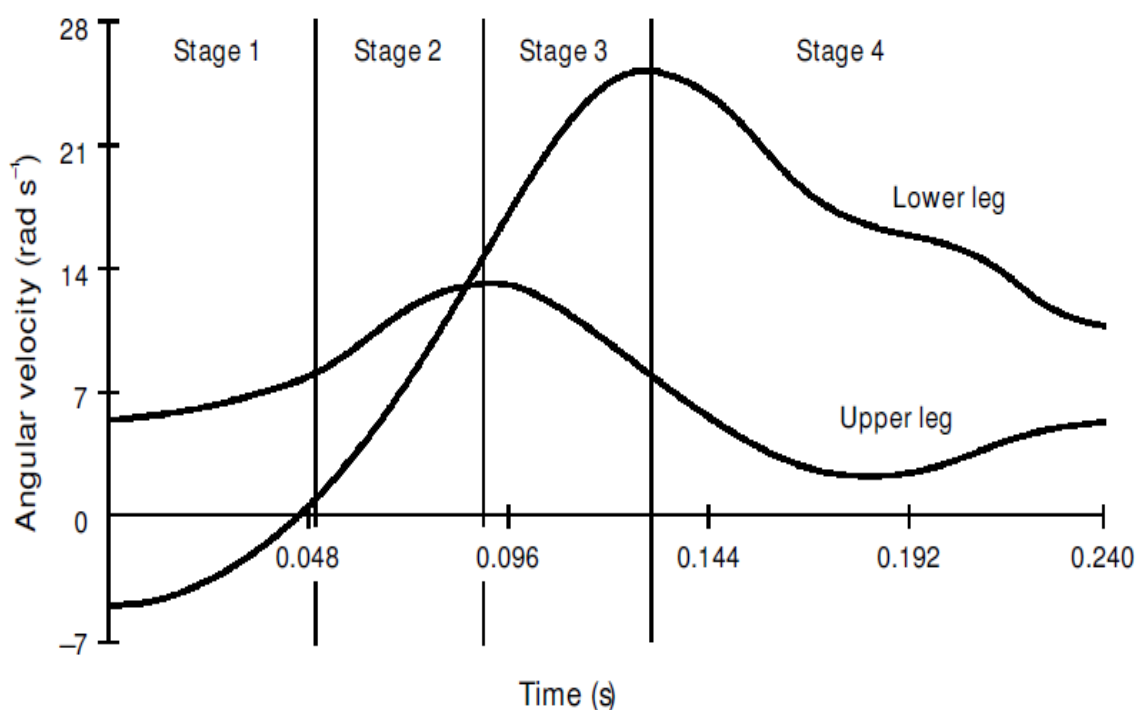
Stejně fáze kopu popisuje i Wickstorm (in Lees & Nolan, 1998). Jednotlivé fáze jsou znázorněny na obrázku 1.

Fotbalový kop lze popsat nejen jednotlivými fázemi, ale i změnami úhlů mezi vybranými segmenty těla. Tuto problematiku popisuje Abo-Abdo (in Adrian & Cooper, 1995). Popisuje úhly kopající i stojné nohy, pro nás jsou zajímavé následující úhly:

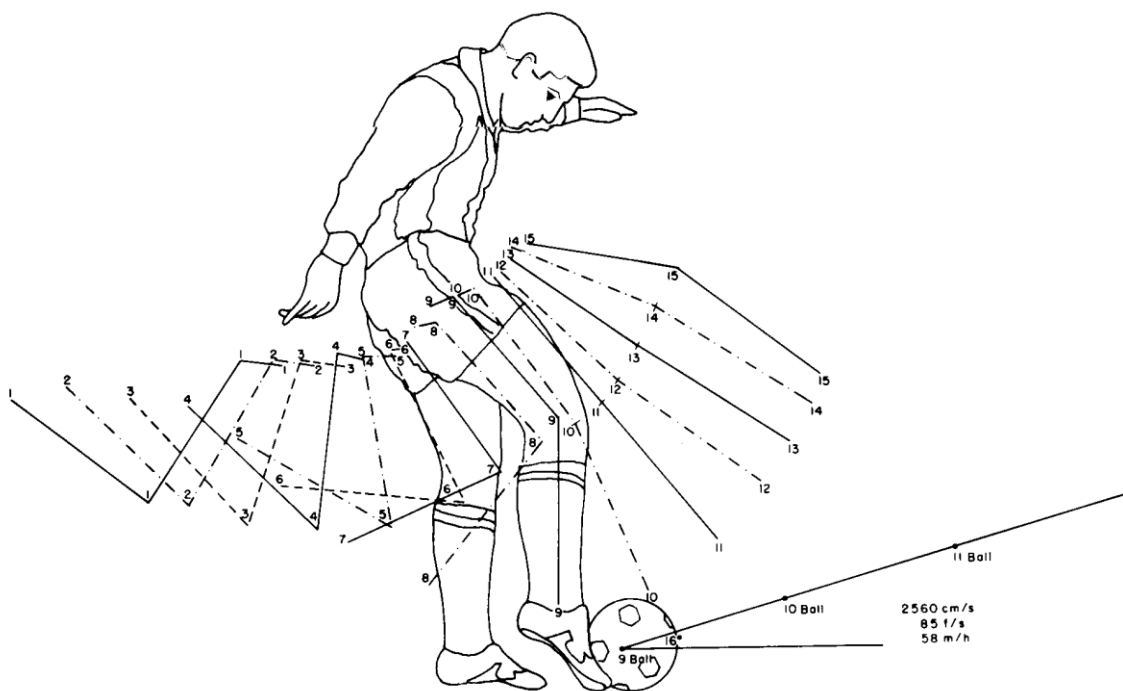
- úhel mezi trupem a stehnem kopající nohy,
- úhel mezi stehnem a bérce kopající nohy,

- úhel mezi bérce a chodidlem kopající nohy.

Zpočátku je úhel mezi trupem a stehnem kopající nohy, z důvodu extenze stehna, větší než 180° . Postupně se tento úhel zmenšuje, protože se stehno dostává do flexe. Po odrazu kopající nohy ze země před úderem nastává v kolenním kloubu flexe, úhel mezi stehnem a bérce se zmenšuje. Podle Jandy a Pavlů může mí flexe v kolenní kloubu rozsah $125 - 160^\circ$. Flexe kolena končí v okamžiku došlapu stojné nohy na zem, poté přichází extenze kolena a úhel mezi stehnem a bérce se opět zvyšuje, až do okamžiku těsně po úderu. Extenze může mít podle Jandy a Pavlů rozsah $0 - 10^\circ$. V okamžiku kontaktu míče s kopající nohou se zmenšuje úhel v hlezenním kloubu této nohy. Hned po skončení styku nohy a míče se hlezenní kloub zvětšuje, v nejvyšším bodě, kterého noha dosáhne po úderu do míče, se úhel v hlezenním kloubu opět zmenšuje. Úhly můžeme porovnat na obrázku 2.



Obrázek 1. Graf znázorňující změny úhlové rychlosti stehna (upper leg) a bérce (Loir leg) při fotbalovém kopu (Lees & Nolan, 1998, 215).



Obrázek 2. Kinematogram pohybu stehna a bérce směrem vpřed a flexe v kyčelním kloubu při fotbalovém kopu (Lees & Nolan, 1998, 212).

2.4 Zkoumání pohybu

Pohybu a jeho modifikace zkoumají různé vědní obory již stovky let. Pohybových činností si lidé všímali a zachycovali je už dávno před vědeckým výzkumem. První záznamy můžeme spatřit v jeskynních malbách z paleolitu, kde jsou většinou vyobrazení lovci útočící na kořist. Pro zkoumání pohybu vznikla biomechanika, která se oddělila od klasické mechaniky (Janura & Zahálka, 2004)

2.4.1 Kinematická analýza pohybu

S rozvojem biomechaniky vznikají i nové moderní metody k získávání nových informací a poznatků. Jednou z těchto metod je kinematická analýza a je založena na získání záznamu pohybové činnosti člověka a jeho postupné analýze. Analýzu pohybové činnosti člověka můžeme obecně dělit na kvalitativní a kvantitativní analýzu. Kinematická analýza se využívá v medicíně, sportu, rehabilitaci, ergonomii, aj.

Janura a Zahálka ve své knize Kinematická analýza pohybu člověka popisují kvalitativní a kvantitativní analýzu. Kvalitativní analýzou popisujeme a hodnotíme (např. slovně) pohyb bez měření fyzikálních veličin. Při této analýze nejsou kladeny velké nároky na

přístrojové vybavení, ale o to víc záleží na odborných znalostech posuzovatele. Příkladem tohoto hodnocení je například vizuální posouzení reálného pohybu. Kvalitativní analýza je často jediný zdroj informací o dané činnosti, ale neumožňuje nám přesné určení výstupních veličin.

Kvantitativní analýzu používáme, jestliže chceme zjistit číselné hodnoty výstupních veličin. K jejich získání potřebujeme odpovídající materiální vybavení, které umožní měření s co nejmenší odchylkou. Kvantitativní metody můžeme rozdělit na metody dynamické a kinematické. Toto rozdělení je na základě zkoumané fyzikální veličiny. Pokud zkoumanou veličinou je síla, jedná se o dynamické metody. O kinematických metodách mluvíme, jestliže zkoumanou veličinou není síla, ale například dráha, rychlost, zrychlení, aj. Kinematické metody podle Janury a Zahálky (2004) jsou:

a) Goniometrie (elektrogoniometrie) - využívá se k měření rotace v určitém kloubu. Ramena goniometru jsou připojena na sousedící segmenty a průsečík ramen je na středu otáčení měřeného kloubu. Změna polohy segmentů v rovině nebo prostoru určuje velikost úhlových změn kolem jedné, dvou nebo tří os.

b) Akcelerometrie - využívá se k měření zrychlení pomocí akcelerometrů. Akcelerometry určují odchylky způsobené pohybem hmotného tělesa v akcelerometru, při zrychlení segmentu. Odchylky se měří pomocí elektrického signálu. Zrychlení lze měřit v jedné, v rovině nebo v prostoru (podle počtu akcelerometrů, pro měření zrychlení v prostoru je potřeba tři akcelerátory).

c) Stroboskopie - umožňuje zobrazení pohybové sekvence na jednom filmovém políčku (princip je podobný jako u fotografie). Před objektivem rotuje disk se šterbinami, tak dochází ke střídavému osvětlení políčka, které zaznamenává jednotlivé fáze pohybu.

d) Systémy pracující na elektromagnetickém principu - přístroje pracující na tomto principu mají obecně dvě části (zdroj a senzor). Určuje se poloha senzoru vzhledem ke zdroji. Senzor se připevňuje na vybraný bod lidského těla a zaznamenává se tak pohyb tohoto bodu.

e) Systémy využívající akustické senzory - využívají zvukový signál. Zdroj signálu je umístěn na daném bodu na segmentu. Poloha zdroje je určována třemi mikrofony, které se nesmí nacházet na jedné přímce. Na základě rychlosti šíření zvuku lze spočítat polohu daného bodu.

f) Optoelektrické systémy - jsou zařízení, které pro zjištění souřadnic využívají optické senzory a zdroje. Zdroje se připevňují na lidské tělo a mohou být aktivní (vydávají světlo, např. LED) nebo pasivní (překryty retroreflexní páskou). Signál, který je ze zdrojů vysílán nebo je jimi odrážen, je zachycen přijímačem (např. speciální kamerou) převeden na

souřadný systém. Tak jsou určeny souřadnice jednotlivých zdrojů. Mezi optoelektrické systémy patří i systém Vicon MX, který bude využit pro naše měření. Hlavní výhodou optoelektronických systémů je automatické a velmi přesné hodnocení polohy zdrojů v prostoru. Nevýhodou je jejich využití pouze v laboratorních podmínkách, z důvodů velkého množství rušivých vlivů mimo laboratoř.

Metody popsané v bodech d - f pracují na podobném principu. Při všech je přijímán signál z různých zdrojů. Signál je následně zpracován a převeden na souřadnice, které umožňují výpočet kinematických veličin. Transformace (převedení) souřadnic je proces, převedení rovinných souřadnic na souřadnice prostorové (reálné). Do této skupiny metod můžeme zařadit také kinematickou (videografickou) vyšetřovací metodu, vyhodnocující filmový záznam nebo videozáznam (Janura & Zahálka, 2004).

2.4.2 Systém Vicon MX

Vicon Motion Systems je zařízení pro 3D kinematickou analýzu pohybové činnosti. Systém Vicon MX patří mezi optoelektrické systémy, pracuje na výše uvedeném principu. Signály ze zdroje snímají infračervené kamery. Využívá se k výpočtu dráhy, rychlosti, zrychlení, úhlů, aj. Práci s tímto systémem popisuje Svoboda s Janurou (2010).

Příprava subjektu a antropometrická měření

Před vlastním měřením musí být provedena antropometrická měření vyšetřovaného probanda. Provádí se měření váhy, výšky, šířky kotníku, šířky kolena, délky dolní končetiny, šířky zápěstí, šířky lokte, vzdálenosti mezi dorzální a palmární stranou ruky, vzdálenosti mezi středem ramenního kloubu a akromionem. Po dokončení antropometrického měření se na probanda upevní reflexní značky. V první fázi upevnění značky je nutné využít hmatu pro nalezení potřebných anatomických bodů na kostře, tomuto postupu se říká palpce. Problémem při palpaci může být větší množství podkožního tuku nebo malé zkušenosti vyšetřující osoby (Janura & Zahálka, 2004; Svoboda & Janura, 2010).

Nasnímání pohybu

Před samotným měřením se doporučuje také provést statickou kalibraci probanda, která se provádí ve stoji. Následuje přiřazení názvů sledovaných bodů. Počítačový software pak provede kalibraci a přiřadí k bodům jednotlivé segmenty. Potom už můžeme probanda ve zkalibrovaném prostoru sledovat v reálném čase. Pokud máme k dispozici i silové plošiny,

můžeme sledovat i vektor reakční síly. Podle silových plošin software také rozpozná stojnou a švihovou fázi jednokrokového cyklu a dopočítá hodnoty pro další kroky zaznamenané ve sledovaném prostoru. Záznam je nakonec exportován do formátu, na kterém je možná, v různých programech, další analýza výstupních parametrů (Svoboda & Janura, 2010).

Výstupní parametry

Standardní výstupy kinematické analýzy jsou např. grafy kinematických parametrů v závislosti na čase. Při chůzi je nejčastěji hodnocen pohyb dolní končetiny a pánve (např. rotace). Použitím systému Vicon se zvýší přesnost měření, v porovnání s použitím běžných videokamer, proto se také zvyšuje možnost hodnocení vykonaného pohybu. Spojením kinematických parametrů a dynamických měření nám umožňuje odvození momentu síly, produkovaného kloubu, dále mechanického výkonu svalů a změn energie, které z něj vyplývají (Svoboda & Janura, 2010).

3 CÍLE

Hlavním cílem této práce je analyzovat pohyb vybraných parametrů při kopu na přesnost a při kopu maximální rychlostí.

Dílčí cíle:

1. Popsat trajektorie vybraných bodů ve vertikálním směru při obou typech kopu.
2. Porovnat polohu stehna, bérce a kotníku kopající končetiny ve vertikálním směru, při obou typech kopu.
- 3.a Porovnat rychlost kolene, kotníku a špičky kopající končetiny v průběhu kopu na přesnost a v průběhu kopu maximální rychlostí.
- 3.b Porovnat naměřených hodnot s hodnotami, které uvádí literatura.

Výzkumné otázky:

1. Jsou na trajektoriích bodů rozpoznatelné jednotlivé fáze kopu?
2. Jsou u kopu maximální rychlostí větší rozsahy pohybu než u kopu na přesnost?
3. Jsou námi zjištěné hodnoty srovnatelné s literaturou?

4 METODIKA

4.1 Měření

Měření jsme prováděli v biomechanické laboratoři Fakulty tělesné kultury. Probandem byl muž ve věku 23 let, aktivně hrající fotbal.

Pomůcky pro měření byly: fotbalový míč, fotbalová síť a systém Vicon MX se 7. infračervenými kamerami, propojenými s počítačem.

Po spuštění kamer jsme museli vyznačit prostor, kde bude pohyb probíhat, provést kalibraci prostoru a nalepit na tělo probanda reflexní značky. Prostor jsme označili čtyřmi reflexními značkami přilepenými k podlaze. Kalibrace se provádí z důvodu určení měřítka mezi obrazovou a reálnou soustavou souřadnic. Ke kalibraci prostoru jsme použili malou tyč ve tvaru písmene T, na které byly připevněny reflexní značky. Další kalibrační zařízení, které jsme použili, byl pevný rám trojúhelníkového tvaru, na kterém byly opět připevněny značky. Reflexní značky jsme museli připevnit i na tělo probanda. Kamery díky těmto značkám mohou snímat vykonanou pohybovou činnost. Na tělo jsme umístili celkem 38 značek, tak aby definovaly všechny segmenty lidského těla. Jednalo se o model PlugInGait Full Body. Značka na stehně byla umístěna zhruba ve $\frac{2}{3}$ celkové délky stehna, v distálním směru na jeho laterální straně. Na bérce jsme označili bod, který leží na jeho laterální straně, asi v $\frac{1}{2}$ jeho celkové délky. Značky jsme připevnili na oboustranně lepicí pásku a přilepili na tělo.

Proband měl za úkol provést tři kopy na přesnost a tři kopy s maximálním úsilím. Kopy na přesnost prováděl na čtvercový terč o straně 40 cm. Při kopech maximálním úsilím se terč nebral v potaz a proband prováděl kop v libovolném směru. Oba typy kopů byly prováděny ze vzdálenosti 4 m.

4.2 Zpracování získaných dat

Pro zpracování dat jsme použili tyto programy: Vicon Nexus, Vicon BodyBuilder, Microsoft Excel. Nejprve jsme pracovali v programu Vicon Nexus, kde bylo třeba ke značkám přiřadit jejich reálné názvy, případně doplnit trajektorie bodů, které systémem v určitých momentech nebyly vyhodnoceny. Program BodyBuilder nám umožnil zpracovat informace o změnách úhlů v jednotlivých kloubech. A nakonec jsme využili programu Microsoft Excel, do něj jsme nejprve zkopírovali získaná data a zpracovali je do přehledné

tabulky. Z těchto tabulek jsme postupně získávali grafy. Grafy se týkaly změn polohy vybraného bodu v závislosti na čase, změn velikostí vybraných úhlů v závislosti na čase. Do tabulek jsme vyznačili dobu kontaktu nohy s míčem jako čas 0. V grafech se v některých úsecích vyskytly problémy s chybějícími údaji, tato chyba vznikla z důvodů nezachycení odrazu značky kamerou. Z tohoto důvodu mohou být grafy být neúplné.

Po zpracování veškerých dat jsme vybrali tyto parametry:

- a) polohy označených bodů kopající končetiny ve vertikálním směru,
- b) rychlost kolena,
- c) rychlost kotníku,
- d) rychlost špičky.

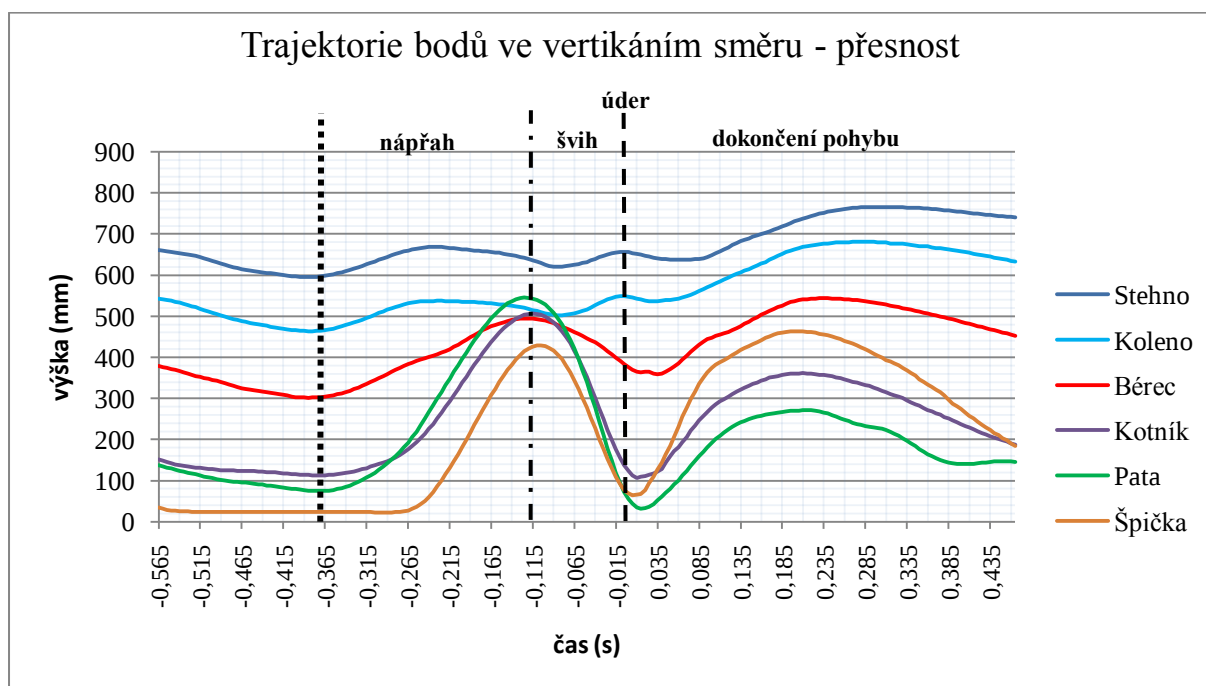
5 VÝSLEDKY

Výsledky jsou zpracovány do grafů. Pro naplnění cílů 1 a 2, jsme použili popis změny výšky vybraných bodů za určitý čas (grafy 1 - 5, tabulky 1 - 3). Pro splnění cíle 3 jsme použili popis změny rychlosti v čase (grafy 6 - 8, tabulky 4 - 5). Stehno a bérec jsou charakterizovány body, popsány v metodice.

Cíl 1

Popsat trajektorie vybraných bodů ve vertikálním směru při obou typech kopu.

Graf 1 Trajektorie bodů ve vertikálním směru - přesnost



Grafy popisují pohyb vybraných bodů v průběhu celého kopu na přesnost (rychlost) ve vertikálním směru, zaměřují se na kopající končetinu. Na grafu jsou zvýrazněny jednotlivé fáze kopu: nápřah, švih vpřed, úder do míče a dokončení pohybu. Ještě před nápřahem je zobrazen krátký úsek rozběhu, ten ale pro nás není důležitý. Celkový čas, který je grafem zachycen, je 1,03 s.

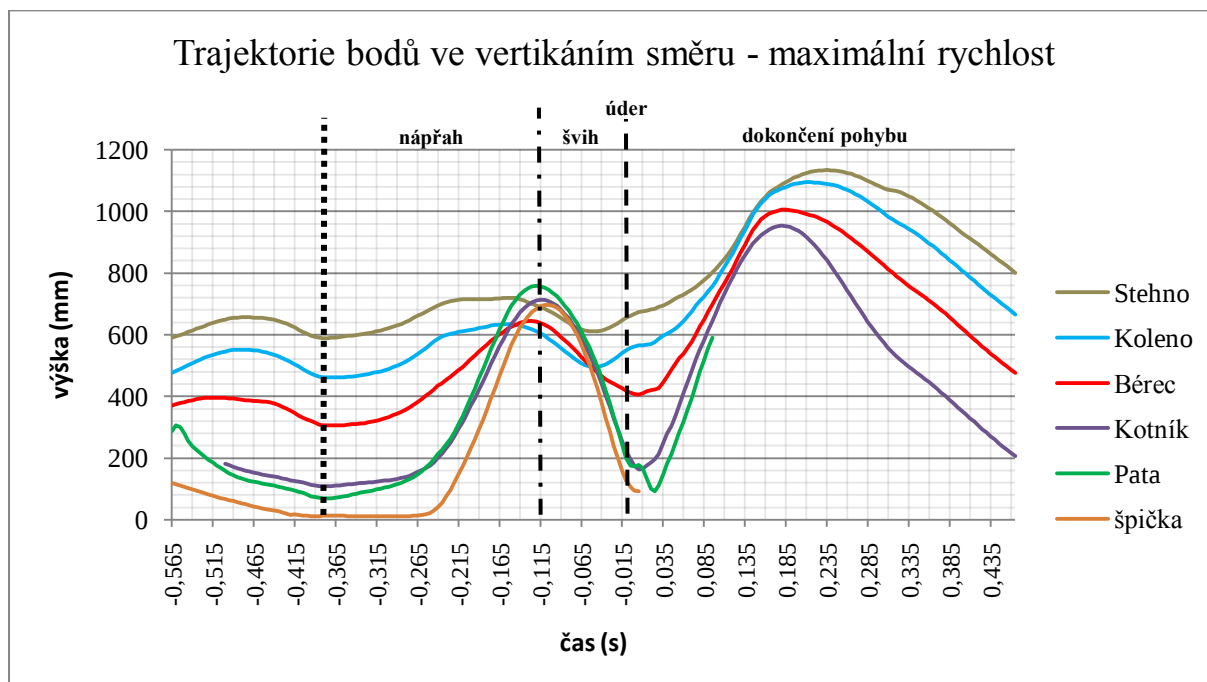
Začátek nápřahu nastává v čase 0,37 s před úderem (čárkovaně) a trvá 0,255 s. Zhruba od jeho poloviny si můžeme všimnout výrazného zvýšení poloh špičky, paty a kotníku. Patrné je zvýšení polohy i u bérece.

Švih vpřed kopající končetiny začíná zhruba v čase 0,115 s před úderem, začátek je označen čerchovaně. Švih trvá asi 0,11 s, což znamená, že je asi o polovinu kratší než nápřah. U švihu je naopak patrné snižování polohy špičky, paty, kotníku a bérce. Tato fáze končí úderem.

Úder je fází kopu, kdy hráč působí na míč. Je to nejkratší fáze kopu. Na grafu je znázorněn čárkovaně a na časové ose má hodnotu 0.

Na úder navazuje dokončení pohybu. Nejde přesně určit, kdy tato fáze končí. Je charakterizována setrvačným pohybem kopající končetiny, což je patrné z grafu. Hráč během této fáze získává nad pohybem kontrolu.

Graf 2. Trajektorie bodů ve vertikálním směru - maximální rychlost



Nápřah kopající končetiny začíná v čase 0,375 s před úderem a má trvání asi 0,255 s. V čase kolem 0,24 s před úderem můžeme vidět zvýšení polohy špičky, paty, kotníku i bérce, z důvodu extenze v kyčelním kloubu.

Nápřah plynule přechází ve švih vpřed kopající končetiny. První okamžik švihu můžeme vidět v čase 0,115 s před úderem. V grafu je označen čerchovaně. Švih bývá druhou nejkratší fází kopu. Samotná doba švihu je 0,11 s. Stejně jako u kopu na přesnost se i zde snižuje výška bodů, před úderem.

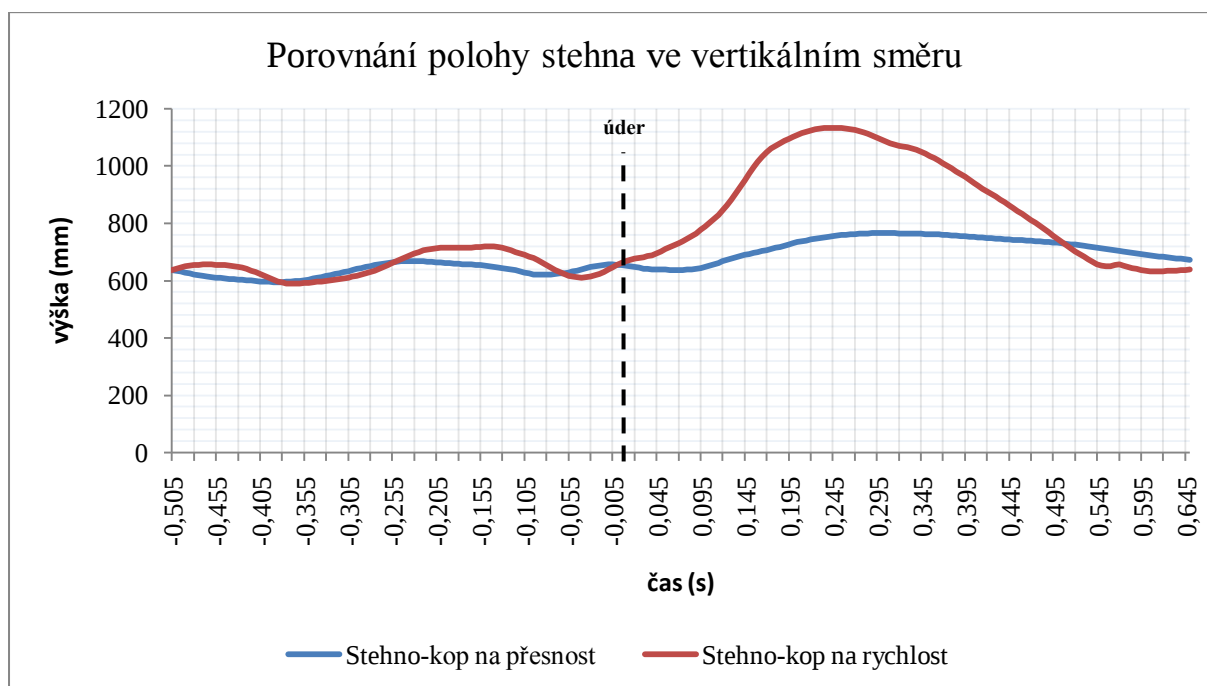
Úder do míče je opět znázorněn čárkovaně a na časové ose má hodnotu 0.

Po úderu jednotlivé body končetiny setrvávají v pohybu, nejprve stoupají vzhůru, dostávají se do svých maximálních výšek. Pak opět klesají a celý kop končí. Bohužel, nemůžeme vidět úplný pohyb všech bodů, z důvodu špatného nasnímání pohybu kamerami.

Cíl 2

Porovnat polohu stehna, bérce a kotníku kopající končetiny ve vertikálním směru, při obou typech kopu. Stehno a bérce jsou charakterizovány body, popsány v metodice.

Graf 3 Porovnání pohybu bodu na stehně ve vertikálním směru při kopu na přesnost a kopu na rychlost



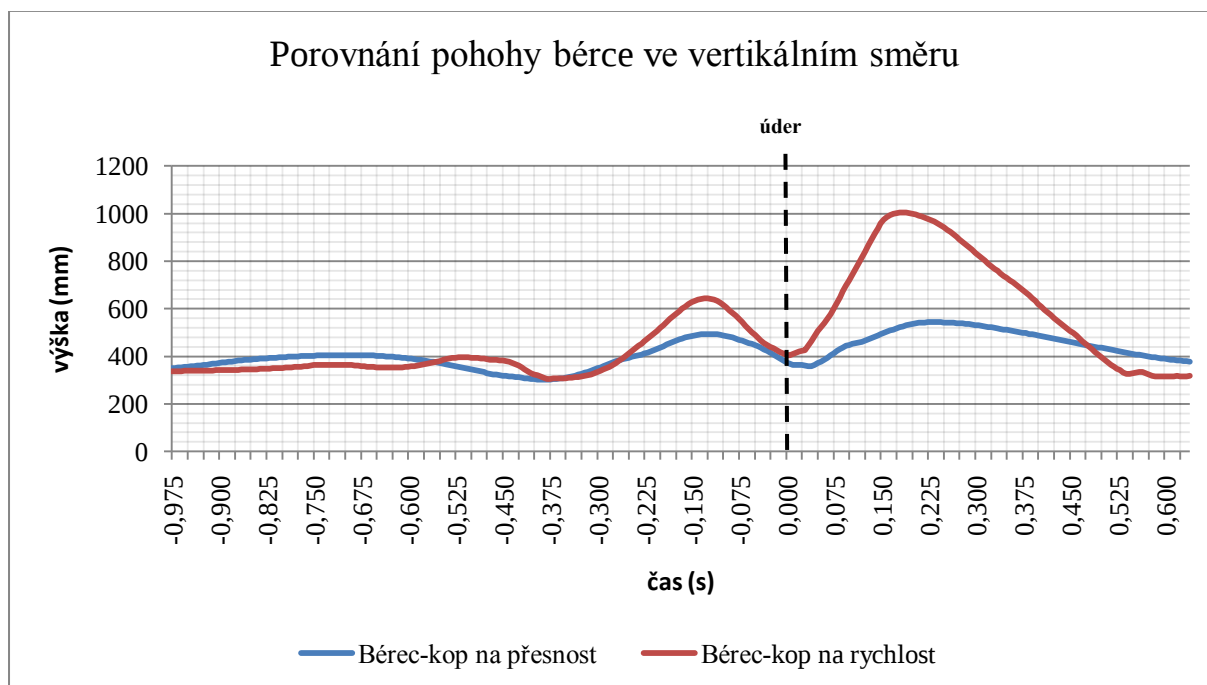
Tabulka 1 Rozsah pohybu stehna ve vertikálním směru.

	kop na přesnost				kop maximální rychlostí			
	výška bodu před úderem		výška bodu po úderu		výška bodu před úderem		výška bodu po úderu	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	59,5 cm	66,9 cm	67,5 cm	76,6 cm	58,9 cm	72 cm	63,2 cm	113,4 cm
rozsah	7,4 cm		9,1 cm		13,1 cm		50,2	

Graf 3 zobrazuje polohu stehna ve vertikálním směru, při kopu na přesnost (dále jen kop P) a při kopu na rychlost (dále jen kop R). Okamžik úderu je na grafu označen jako 0. Doba před úderem má záporné hodnoty, doba po úderu má kladné hodnoty.

Při kopu P je pohyb plynulejší než při kopu R, ale kop R dříve dosahuje svoje maxima i minima. U kopu P dochází, po úderu, k nepatrnému zvýšení polohy stehna, zatím co u kopu R je toto zvýšení daleko markantnější. Nejvyšší poloha stehna u kopu P je ve výšce 76,6 cm a v čase 0,3 s po úderu. Nejnižší poloha kopu P byla naměřena ve výšce 59,5 cm, tuto polohu zachycuje graf asi v čase 0,365 s před kopem. Nejvyšší poloha stehna kopu R je ve výšce 113,4 cm a v čase 0,240 s po úderu. Nejnižší poloha stehna kopu R byla naměřena v čase 0,37 s před úderem a její hodnota byla 58,9 cm. Hodnota rozsahu pohybu stehna po úderu je velmi odlišná u obou kopů. V okamžiku úderu mělo stehno kopu P výšku 65,6 cm. V okamžiku úderu kopu R se stehno nacházelo ve výšce 65,4 cm, což jsou téměř identické hodnoty a rozdíl mezi nimi je nepatrný. Z průběhu křivek můžeme vyčíst podobný průběh pohybu, až do času úderu. Stehno vykonává nejmenší rozsah pohybu během obou druhů kopů, což dokazují tabulky 1, 2, 3.

Graf 4 Porovnání pohybu bodu na bérce ve vertikálním směru při kopu na přesnost a kopu na rychlost



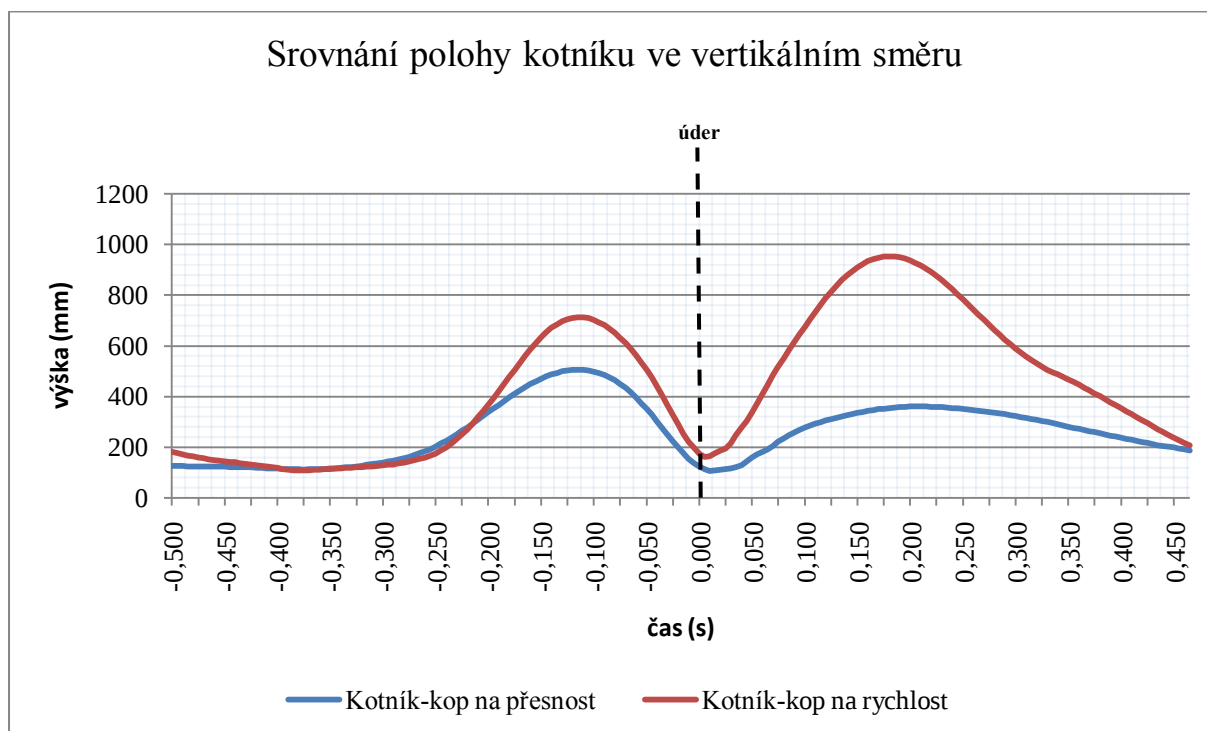
Tabulka 2 Rozsah pohybu bérce ve vertikálním směru

	kop na přesnost				kop maximální rychlostí			
	výška bodu před úderem		výška bodu po úderu		výška bodu před úderem		výška bodu po úderu	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	30,2 cm	49,4 cm	38,2 cm	54,4 cm	30,5 cm	64,4 cm	31,5 cm	100,6 cm
rozsah	19,2 cm		16,2 cm		33,9 cm		69,1 cm	

Graf 4 zobrazuje polohu stehna ve vertikálním směru, při kopu na přesnost (dále jen kop P) a při kopu na rychlost (dále jen kop R), v tabulce 3 jsou uvedeny důležité hodnoty.

Bérec vykonává plynulejší pohyb při kopu na přesnost a jeho rozsah, při tomto kopu, je prokazatelně menší než při kopu maximální rychlostí. U trajektorií je patrný rozdíl už i před úderem. U obou kopů je patrný náprah i švih končetiny. Po úderu se pohyb obou kopů dokončuje, při této fázi je opět velmi viditelný rozdíl mezi kopem P a kopem R. Kop R během dokončování pohybu zvýšil polohu bérce o 60,1 cm, zatím co u kopu P se poloha bérce zvýšila jen o 18,6 cm. Dále můžeme vyčíslit polohu, ve které se bérec vyskytoval v okamžiku úderu. U kopu P byla výška 37,6 cm, u kopu R stehno byla výška bérce 40,7 cm. Maximálních poloh dosahoval bérec kopu P v čase 0,235 s po úderu, tyto hodnoty byly 54,4 cm. Při kopu R byla maximální výška 100,6 cm naměřena v 0,185 s po úderu. Před úderem dosahuje bérec maximálních hodnot během náprahu obou kopů.

Graf 5 Porovnání pohybu kotníku ve vertikálním směru při kopu na přesnost a kopu na rychlost



Tabulka 3 Rozsah pohybu kotníku ve vertikálním směru

	kop na přesnost				kop maximální rychlostí			
	výška bodu před úderem		výška bodu po úderu		výška bodu před úderem		výška bodu po úderu	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	11,2 cm	50,6 cm	10,6 cm	36,1 cm	10,9 cm	71,3cm	16,3 cm	95,3 cm
rozsah	39,4 cm		25,5 cm		60,4 cm		79,0 cm	

Graf 5 zobrazuje polohu kotníku v sagitální rovině, při kopu na přesnost (dále jen kop P) a při kopu na rychlost (dále jen kop R). Části kopu, která je grafem zachycena, trvá 0,95 s.

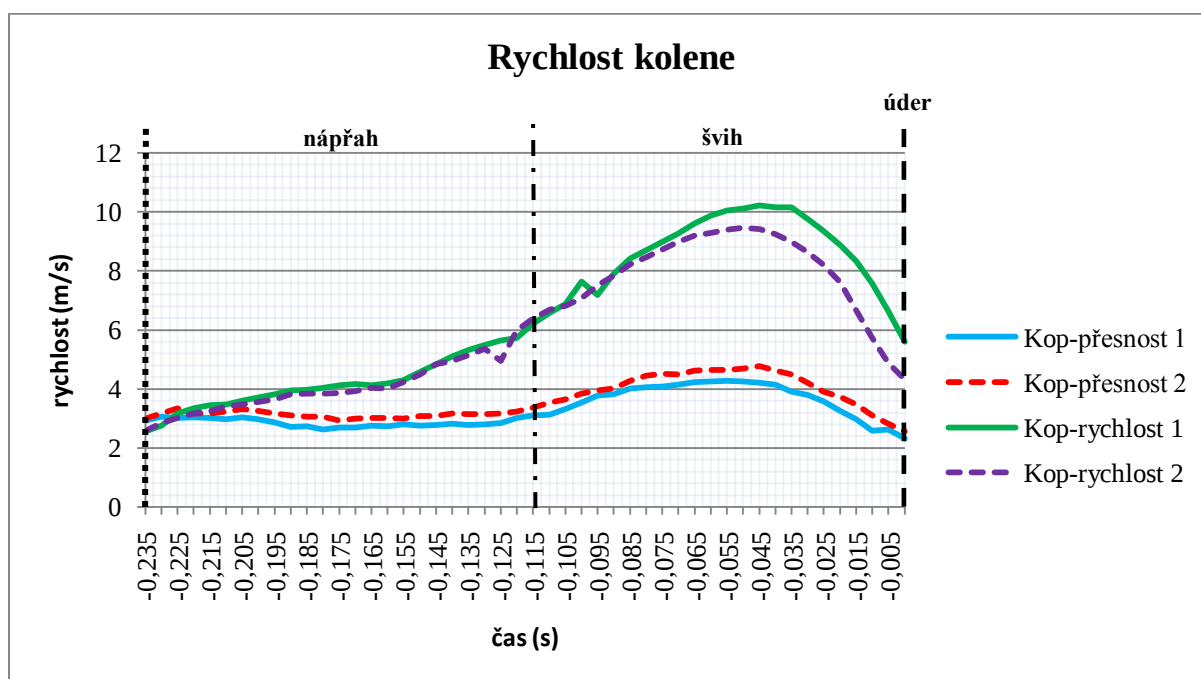
Průběh pohybu kotníku je v grafu opět rozdělen úderem. V části před úderem můžeme rozpoznat náprah a švih, které jsou velmi zřetelné u obou kopů. Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší polohou kotníku, před úderem, je 39,4 cm (u kopu P) a 60,4 cm (u kopu R). Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší polohou kotníku, po úderu, je 25,4 (u kopu P) a dokonce 79,0 cm (u kopu R). Je zajímavé, že nejvyšší poloha kotníku kopu P je před úderem (ve výšce 50,6 cm a v čase -0,115 s), zatím co nejvyšší poloha kotníku kopu R nastává až po úderu (95,3 cm a v čase 0,68 s). V okamžiku úderu se kotník kopu P nachází ve výšce 12,2 cm. Ve stejném

okamžiku byl kotník kopu R ve výšce 17 cm, což naznačuje jiný úhel úderu do míče. Z porovnávaných bodů má kotník největší rozsah pohybu při obou kopech,

Cíl 3a

Porovnat rychlost kolene, kotníku a špičky kopající končetiny v průběhu kopu na přesnost a v průběhu kopu maximální rychlostí.

Graf 6 Porovnání rychlosti kolene u dvou kopů na přesnost a dvou kopů maximální rychlostí.



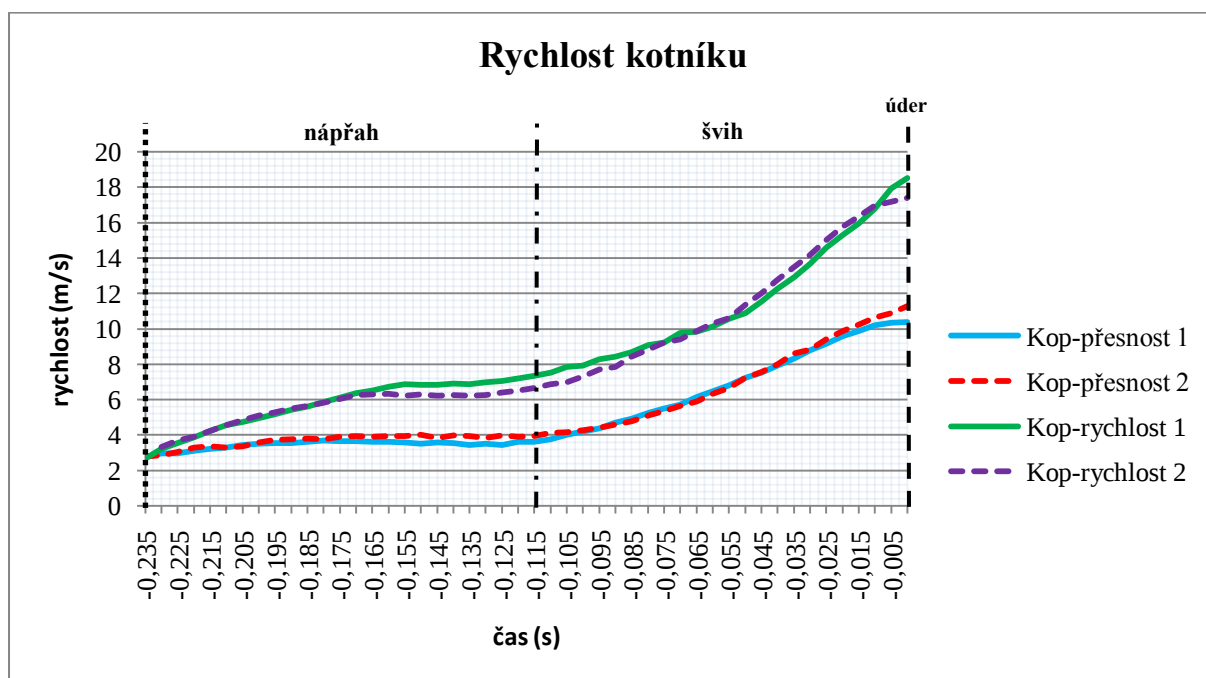
Graf 6 zobrazuje změnu rychlosti v průběhu kopu. Jsou zde zachyceny dva kopy na přesnost a dva kopy na rychlost (dle legendy). Dále jsme do grafu označili začátek nápřahu (odpovídá začátku grafu) a začátek švihové fáze kopu, v čase 0,115 před úderem. Samotný úder má na časové ose nulovou hodnotu. Pokud je u dvou stejných kopů uvedena pouze jedna rychlost, jedná se o rychlost průměrnou.

Kopy na přesnost obecně dosahují menší rychlosti. Na grafu je znázorněno zvyšování rychlosti, z počátečních 2,9 m/s (což je rychlost při začátku nápřahu), přes 3,2 m/s (rychlost při začátku švih), až na 4,3 m/s, dosažené v čase 0,055 před úderem (kop P1) a 4,8 m/s, dosažených v 0,045 před úderem (kop P2). Po dosažení těchto hodnot, ale rychlost kolene obou kopů přesnosti klesá. Při úderu do míče mají kolena rychlost 2,3 m/s (kop P1) a 2,6 m/s (kop P2). Rychlost kolena kopající končetiny se snižuje z toho důvodu, aby měl hráč větší

kontrolu nad úderem. Obecně platí pravidlo, že čím větší plochou hráč udeří míč, tím má míč větší přesnost, ale ztrácí na rychlosti.

Kopy, prováděné s cílem dosáhnout co nejvyšší rychlost míče, dosahují vyšší rychlosti, tak jak by se dalo předpokládat. Jejich hodnoty na začátku zdvihové fáze jsou téměř stejné, jako u kopů na přesnost. Oba kopy na rychlost začínají okolo 2,6 m/s. Pak začíná znatelnější nárůst rychlostí kolene obou kopů. V okamžiku začátku švihů je jejich průměrná rychlost 6,3 m/s, která se v průběhu této fáze stupňuje až na 10,2 m/s (kop R1) a 9,5 m/s (kop R2). Tyto maximální rychlosti jsou dosaženy v čase 0,45 s a 0,5 s před úderem. Potom opět klesají, až do momentu úderu. V době úderu je rychlost 5,6 m/s u prvního kopu a 4,3 m/s u druhého kopu, což je relativně velká diference.

Graf 7 Porovnání rychlosti kotníku u dvou kopů na přesnost a dvou kopů maximální rychlostí.



Graf 7 zobrazuje změnu rychlosti kotníku v průběhu kopu. Jsou zde zachyceny dva kopy na přesnost a dva kopy na rychlost (dle legendy). Dále se podařilo v grafu vyznačit začátek nápřahu (odpovídá začátku grafu) a začátek švihové fáze kopu, v čase 0,115 s před úderem. Samotný úder má na časové ose nulovou hodnotu. Rychlost kotníku, zobrazená grafem, všech čtyř kopů má počáteční hodnoty kolem 2,7 m/s, tato hodnota je rychlost při začátku nápřahu.

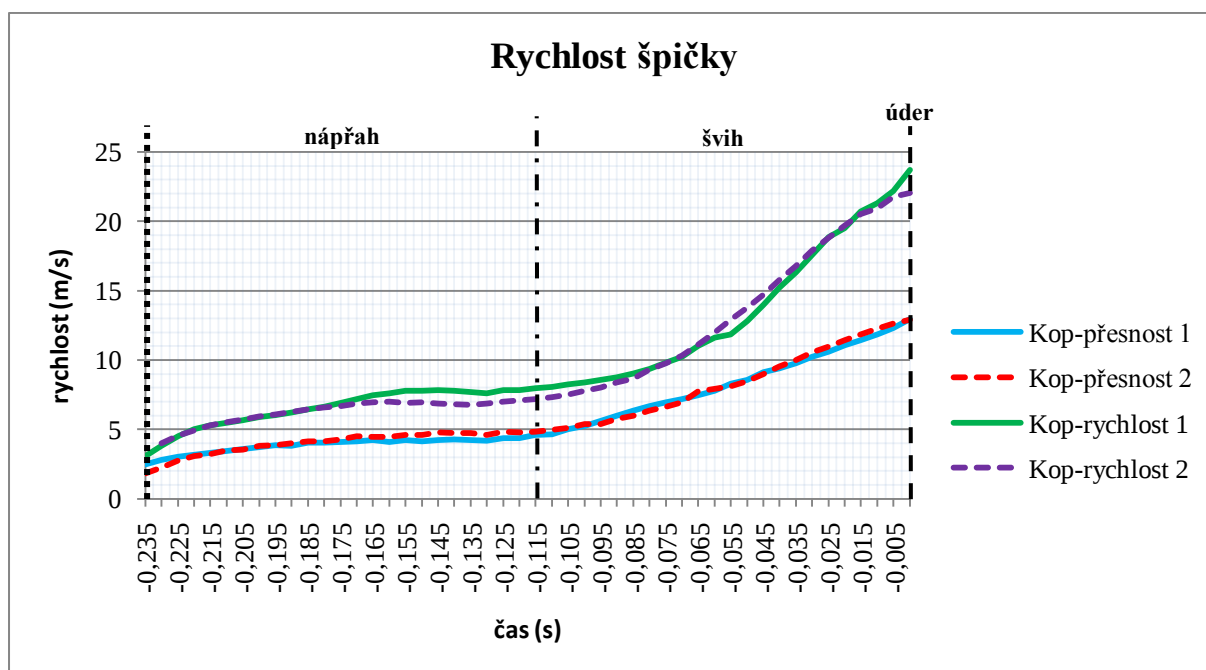
U kopů na přesnost se rychlost kotníku lehce zvyšuje, až do 0,115 s před úderem. V tomto okamžiku začíná švih končetiny a průměrná rychlost kotníku je 3,8 m/s. Během

švihové fáze je nárůst rychlosti kolen znatelnější a končí v okamžiku úderu, kdy mají rychlost 10,4 m/s (kop P1) a 11,3 m/s (kop P2).

U kopů s maximálním úsilím se trajektorie rychlosti liší, v porovnání s kopy na přesnost. Zvýšení během náprahu i švihu je znatelnější. Při začátku švihu je jejich průměrná rychlost 7 m/s, v čase úderu do míče je jejich rychlost 18,5 m/s (kop R1) a 17,4 m/s (kop R2).

Rychlost kotníku je v průměru větší než rychlost kolene.

Graf 8 Porovnání rychlosti špičky u dvou kopů na přesnost a dvou kopů maximální rychlosti.



Graf 8 zobrazuje změnu rychlosti špičky v průběhu kopu. Jsou zde zachyceny dva kopy na přesnost a dva kopy na rychlost (dle legendy). Dále se podařilo v grafu vyznačit začátek náprahu (odpovídá začátku grafu) a začátek švihové fáze kopu, v čase 0,115 před úderem. Samotný úder má na časové ose nulovou hodnotu. Rychlost špičky má počáteční hodnoty (rychlost při začátku náprahu) kolem 2,2 m/s u kopů P a 3,1 m/s u kopů R.

U kopů na přesnost se rychlost špičky lehce zvyšuje, až do začátku švihu končetiny v čase 0,115 s před úderem. V tomto momentu má špička průměrnou rychlost 4,7 m/s. Během švihové fáze je nárůst rychlosti kolen znatelnější a končí v okamžiku úderu, kdy mají rychlost 13,0 m/s (kop P1) a 12,9 m/s (kop P2).

U kopů maximální rychlostí se trajektorie rychlosti špičky znovu zvyšuje. V době začátku švihů má špička průměrnou rychlost 7,6 m/s. Rychlost strmě roste až do okamžiku úderu, kdy je rychlost špičky až 23,7 m/s (kop R1) a 22,1 m/s (kop R2).

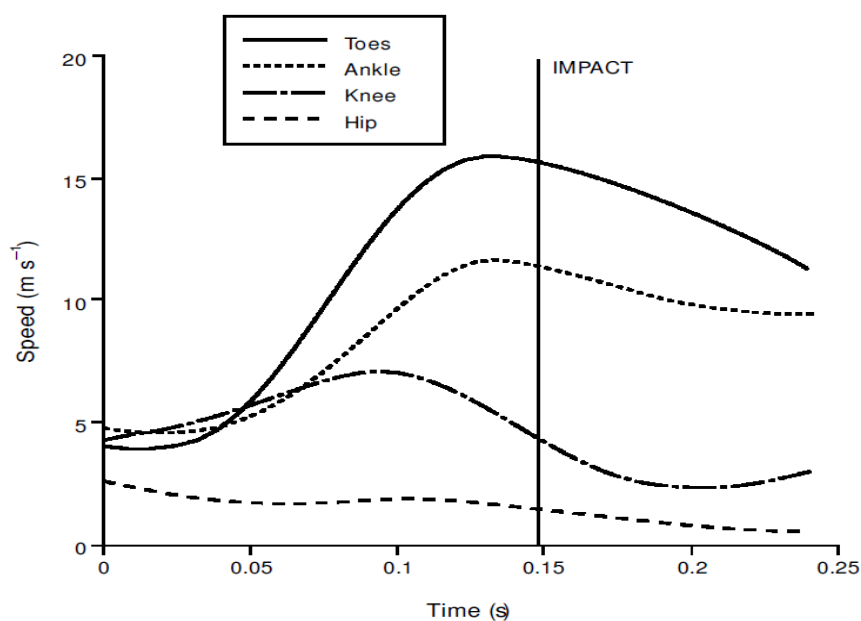
Obecně tedy platí, že největší rychlost dosahuje špička kopající končetiny, naopak nejmenší rychlost dosahuje koleno.

Cíl 3b

Porovnat naměřené hodnoty s hodnotami, které uvádí literatura.

K porovnání námi naměřených hodnot jsme prostudovali dvě publikace, které se touto problematikou zabývají. Analýza fotbalového kopu je popsána v přehledové studii, kterou prezentovali Lees a Nolan (1998) (Graf 9). Další autoři Barfield & Kirkendall & Yu (2002) porovnávali provedení kopu u mužů a u žen.

Graf 9 Rychlost kyčle, kolene, kotníku a špičky během fotbalového kopu, podle Lees & Nolan (1998, 214).



K tomu, abychom naměřené rychlosti mohli porovnat s literaturou, jsme důležité hodnoty přenesli z grafů do tabulek. V tabulce 4, jsou přeneseny hodnoty z grafu 9. A v tabulce 5, jsou přeneseny hodnoty z grafů 6, 7, 8.

Tabulka 4

bod	max. rychlost (m/s)	čas max. rychlosti (s)	rychlost při úderu do míče (m/s)
koleno	7,0	-0,055	4,5
kotník	11,6	-0,020	11,4
špička	16,0	-0,015	15,5

Tabulka 5

bod	max. rychlost (m/s)		čas max. rychlosti (s)	rychlost při úderu do míče (m/s)	
koleno	4,8 P	10,2 R	-0,045	2,6 P	5,6 R
kotník	11,3 P	18,5 R	0,000	11,2 P	18,5 R
špička	13,0 P	23,7 R	0,000	13,0 P	23,7 R

Poznámky: *některé údaje max. rychlosti a rychlosti při úderu jsou stejné, protože maximální rychlost byla naměřena v okamžiku úderu.

*nulový čas označuje okamžik úderu do míče, záporná časová hodnota nám říká, že se děj odehrál před úderem.

Legenda: max. maximální hodnota
P kop na přesnost
R kop na rychlost

Z porovnání našich hodnot a grafů s literaturou, je vidět, že se nejvíce podobají rychlosti kolene. Rychlosti kotníku a špičky jsou více rozdílné. Podstatný rozdíl nalézáme v tom, že rychlosti, uváděné v literatuře, dosahují svého maxima před úderem do míče.

6 DISKUSE

1. Diskuse k výzkumné otázce 1

Fotbalový kop se skládá z několika fází. Korček a Bohny (1962) uvádějí, že kop je složen z rozběhu, zaujetí správného postavení, vlastního kopu (nápřah, švih, úder do míče) a dokončení pohybu kopající končetiny. Jiní autoři uvádějí odlišné fáze, ale to přesahuje zaměření této práce. V našem případě jsme chtěli rozpoznat jednotlivé fáze kopu na přesnost a kopu maximální rychlostí.

Zjištěné polohy stehna, kolene, bérce, kotníku, paty a špičky jsme zpracovali do grafů. Ve výsledném grafu můžeme vidět trajektorie, výše zmíněných bodů, ve vertikálním směru. Při určování jednotlivých fází jsme využili graf 1 a 2.

Při kopu na přesnost je rozpětí naměřených hodnot menší, než u kopu na rychlost, ale i přesto se jednotlivé fáze daly určit. Klíčové bylo určit přesný čas úderu do míče. Pomocí trajektorií bodů je jeho určení obtížné. Proto jsme okamžik úderu zjistili pomocí analýzy samotného pohybu v programu Vicon Nexus. Zjištěný čas úderu jsme označili jako nulový, abychom získali pevný bod, podle kterého se můžeme orientovat, jelikož kopy nebyly stejně dlouhé. Nejjednoznačněji jsou určitelné fáze kopu u paty a kotníku, případně bérce, neboť trajektorie těchto bodů mají velký rozsah hodnot. Velký rozsah hodnot má i trajektorie špičky, ta se ale nedala použít pro určení začátku nápřahu. Její vertikální poloha se totiž zvyšuje později než vertikální poloha paty, která je pro začátek nápřahu určující (začátek nápřahu určen v 0,365 s před úderem). Začátek švihu vpřed jsme stanovili podle maximální výšky kotníku a bérce (v čase 0,115 s před úderem). Po úderu pohyb těla pokračuje setrvačně. Tato fáze se nazývá dokončení pohybu.

U kopu s maximální rychlostí měly trajektorie větší rozpětí. Proto bylo určení fází kopu jednodušší. Stanovení okamžiku úderu jsme provedli opět analýzou záznamu pomocí programu Vicon Nexus. Podle zvedající se polohy paty jsme poznali začátek nápřahu v čase 0,375 s před kopem. To znamená, že nápřah u kopu maximální rychlostí je o 0,01 s delší než nápřah kopu na přesnost. Začátek švihu jsme stanovili podle maximální výšky kotníku, která byla naměřena v čase 0,115 s před úderem, což je totožný čas nápřahu s kopem na přesnost. Po úderu opět dochází k viditelnému setrvačnému pohybu bodů ve vertikálním směru.

2. Diskuse k výzkumné otázce 2

Při zobrazení získaných hodnot ve vertikálním směru, je zřejmé, že větší rozsahy pohybu jsou u kopu maximální rychlostí. Porovnávali jsme hodnoty stehna, bérce a kotníku v sagitální rovině, u všech bodů byly zřetelné větší rozsahy pohybu při kopu maximální rychlostí.

Rozsah pohybu stehna

Oba kopy jsme rozdělili na dva úseky, před úderem a po úderu. Polohy stehna jsou zobrazeny v sagitální rovině.

Můžeme říct, že při kopu na přesnost je pohyb plynulejší než při kopu na rychlost. Kop na rychlost dříve dosahuje svoje maxima i minima. Maximální rozsah pohybu stehna před úderem do míče je 7,4 cm a rozsah po úderu je 9,1 cm při kopu na přesnost. Při kopu maximální rychlostí odpovídal rozsah pohybu stehna 13,1 cm před úderem a 50,2 cm po úderu. Zejména hodnota rozsahu pohybu po úderu je značně odlišná u obou kopů. Lees & Nolan uvádí, že stehno po úderu může dosahovat nad úroveň kyčle. Pohyb končetiny po úderu nemá žádný vliv na míč.

Rozsah pohybu bérce

Bérec vykonává plynulejší pohyb při kopu na přesnost a jeho rozsah, při tomto kopu, je prokazatelně menší než při kopu maximální rychlostí. To dokazuje porovnání minimálních a maximálních poloh bérce před úderem do míče a po úderu. Při kopu na přesnost má bérec rozsah zhruba 19,2 cm před úderem, po úderu je rozsah o něco menší a to 16,2 cm. Při kopu maximální rychlostí je rozsah 33,9 cm před úderem a po úderu se ještě zvyšuje na 69,1 cm. V porovnání se stehnem, vzrůstá rozsah pohybu v době před úderem i po úderu. Při kopu na přesnost dosahuje stehno svých krajních poloh později, než při kopu na rychlost. Kop na rychlost sice má po úderu vyšší maximální polohu stehna, ale na počáteční výšku se vrací rychleji než kop na přesnost.

Rozsah pohybu kotníku

Během kopu na přesnost jsou rozsahy pohybu kotníku menší než u kopu maximální rychlostí. U kopu na přesnost je zajímavé, že rozsah krajních poloh kotníku, je větší před úderem do míče (zhruba 39,4 cm), než po úderu (25,5 cm), stejné tvrzení platí i o bérce. Při kopu maximální rychlostí je rozsah kotníku 60,4 cm před úderem a po úderu až 79,0 cm.

Kotník má tedy největší rozsah pohybu, v porovnání z výše uvedenými body (stehno a bérce). Před úderem dosahují oba typy kopů maximálních výšek zhruba ve stejném čase. Zatímco po úderu dosahuje dříve maxima kop na rychlost, rychleji také klesá na výchozí výšku.

3. Diskuse k výzkumné otázce 3

Lees & Nolan (1998) uvádějí maximální rychlost kotníku, u profesionálních fotbalistů, v rozmezí 18 - 28 m/s. Což je relativně velké rozmezí. Námi naměřená maximální rychlosti kotníku je 18,5 m/s, odpovídá rozsahu uvedeným Lees & Nolan (1998), ale je to téměř krajní hodnota. Důvodem může být nižší výkonnost probanda nebo špatné označení okamžiku úderu do míče. Dalším zkoumaným parametrem byla rychlost kotníku v okamžiku úderu do míče. Podle Barfield & Kirkendall & Yu (2002), by se měla rychlost kotníku, při úderu do míče, pohybovat v rozmezí 12,8 - 14,8 m/s. Námi naměřená rychlost v době úderu je 17,4 m/s.

Barfield & Kirkendall & Yu (2002) udávají hodnoty maximální rychlosti špičky v rozmezí 19,1 - 21,7 m/s u dominantní končetiny a 16,9 - 20,1 m/s u nedominantní končetiny. Hodnota našeho probanda byla 23,7 m/s a je tedy vyšší než výše uvedené hodnoty. To může být způsobeno rozdílným způsobem výpočtu nebo nižší motivací probandů. Je nutné také brát v potaz, že v našem případě se jedná o pilotní studii s jedním probandem. Při naměření většiny skupiny osob by výsledky mohly být odlišné.

Trajektorie rychlosti kolene, kotníku a špičky uvedené v grafu 9, se tvarově liší od námi naměřených hodnot. Trajektorii kyčle jsme neposuzovali. Podobnost trajektorií shledáváme pouze u rychlosti kolene. Maximální hodnoty rychlosti obou kolen se sice liší, ale to může být způsobeno různým úsilím v provedení kopu. Kulminace těchto rychlostí nastává v časovém rozmezí 0,055 - 0,045 s před úderem, což jsou velmi podobné hodnoty. Trajektorie kotníku a špičky mají rozdílný průběh, v porovnání s literaturou. Rozdílné jsou nejen jejich maximální hodnoty, ale i tvar trajektorií. Trajektorie rychlostí kotníku a špičky od Lees & Nolan (1998), kulminují v čase 0,02 s před úderem. Námi zjištěné trajektorie rychlostí stejných bodů mají vzestupný charakter i v době úderu, to znamená, že kulminace před úderem nedosáhly, ale i přes to dosahují vyšších hodnot. Důvodem, proč naše hodnoty nekulminují před úderem, může být odlišné označení okamžiku úderu do míče. Důvodem vyšších hodnot u studie Lees & Nolan (1998) může být nízká výkonnost nebo motivace probandů při měření použitých hodnot.

Námi naměřené hodnoty maximální rychlostí se od literatury nijak zásadně neliší. U rychlosti špičky jsou naše hodnoty o něco vyšší, ale nejedná se o zásadní rozdíl. U rychlosti kotníku a špičky jsme ve srovnání s literaturou našli určité odlišnosti. S literaturou se jednoznačně shodujeme při popisu průběhu rychlosti u kolene.

7 ZÁVĚR

Pomocí kinematické analýzy jsme porovnali kop na přesnost a kop maximální rychlostí. Naše výsledky nemusejí mít obecnou platnost, protože jsme měření prováděli pouze s jedním probandem. Po vyhodnocení naměřených dat jsme došli k níže uvedeným závěrům.

1. Podle trajektorií vybraných bodů můžeme relativně přesně určit jednotlivé fáze kopu. Snadněji se začátky fází daly nalézt u kopu maximální rychlostí. Při tomto kopu je rozsah pohybu kopající končetiny větší, což napomáhá přesnějšímu určení jednotlivých fází kopu.

2. Při porovnání výšek vybraných bodů (stehno, bérec, kotník), v průběhu obou prováděných kopů, je prokazatelné, že větších rozsahů bylo dosaženo při kopu maximální rychlostí. Při kopech maximální rychlostí bylo dosahováno maximální výšky až po úderu do míče. Při kopech na přesnost bylo maximální výšky dosaženo po úderu pouze u stehna. Bérec a kotník dosáhly nejvyššího bodu pohybu před úderem. Z vybraných bodů dosahoval největšího rozsahu pohybu kotník. Naopak nejmenších rozsahů dosahovalo stehno.

3. V dalším cíli naší práce jsme se zabývali porovnávání rychlostí vybraných bodů (koleno, koník, špička) při kopu na přesnost a kopu na maximální rychlost. Kopající končetina při kopech, prováděných s cílem dosáhnout co nejvyšší rychlosti míče, dosahuje vyšší rychlosti, tak jak by se dalo předpokládat. Ze sledovaných bodů měla největší maximální rychlost špička, následovaná kotníkem kopající končetiny. Nejnižší maximální rychlost byla naměřena u kolene. Nejvyšší rychlosti kotníku a špičky jsou srovnatelné s literaturou. S literaturou jsme neporovnali maximální rychlost kolene, protože jsme nenalezli vhodnou literaturu. Většina autorů totiž popisuje pouze úhlovou rychlost kolene a tou jsme se v této práci nezabývali.

Dalším parametrem, kterým jsme se zabývali, byl průběh rychlostí vybraných bodů během kopu. Kromě trajektorie rychlosti kolene, se námi zjištěné trajektorie příliš neshodovaly s literaturou. U rychlosti kolene měly trajektorie podobný průběh, ale v maximálních hodnotách se také neshodovaly, což bylo patrně způsobeno rozdílnou rychlostí kopu. Trajektorie rychlosti kotníku a špičky nebyly podobné s literaturou v jejich průběhu. Zásadní rozdíl byl hlavně v tom, že literatura uvádí nejvyšší rychlosti bodů v době před úderem. Námi naměřené nejvyšší rychlosti byly časovány v okamžiku úderu.

8 SOUHRN

Cílem této práce bylo porovnat dva druhy fotbalový kopů. Jednalo se o kop s maximální přesností a kop s cílem dosáhnout maximální rychlosti míče. Pro detailnější rozbor jsme použili kinematickou analýzu obou kopů. Snažili jsme se získat informace o poloze vybraných bodů kopající končetiny v průběhu kopu.

Výzkum se prováděl v biomechanické laboratoři Fakulty tělesné kultury. Probandem byl muž ve věku 23 let, aktivně hrající fotbal, 1.A třídu Zlínského kraje. Proband provedl celkem šest kopů. První tři kopy na přesnost a tři na maximální rychlost. Ze zmíněných šesti kopů jsme vybrali čtyři, se kterými jsme dále pracovali (dva na přesnost, dva s maximální rychlostí).

Pro získání požadovaných informací jsme využili systém Vicon MX. Tento systém se používá pro 3D kinematickou analýzu pohybu. Pracuje na principu snímání odrazu signálu z reflexních značek infračervenými kamerami. Jeho výstupem bylo velké množství prostorových souřadnic, ze kterých jsme využili pouze část. Z těchto souřadnic jsme získali dráhy bodů a jejich rychlosti, které byly hodnoceny.

Zjistili jsme, že podle trajektorií vybraných bodů můžeme určit jednotlivé fáze kopu. Porovnali jsme rozsahy výšek obou kopů a zjistili, že kop s maximální rychlostí má výrazně větší rozsah krajních poloh. Z vybraných bodů dosahoval největšího rozsahu pohybu kotník, pak bérce, nejmenších rozsahů dosahovalo stehno. Dále jsme se zabývali porovnáváním rychlostí kolen, koníku, špičky při obou způsobech kopu. Největší rychlost byla naměřena u špičky kopající končetiny. Nejnižší maximální rychlost byla naměřena u kolena.

Námi zvolená vyšetřovací metoda má své výhody i nevýhody. Její přednosti jsou objektivita, přesné výsledné hodnoty a velké množství informací, které se z nich dá získat. Nevýhodou je materiální a časová náročnost. Je nutná také odborná způsobilost vyšetřujících osob. Pro kinematickou analýzu pohybu je systém Vicon MX velkým přínosem. Ale jeho využití v praxi, například fotbalovými trenéry a odborníky, je málo pravděpodobné.

9 SUMMARY

The aim of this study was to compare two types of soccer kicks. It was a kick with maximum accuracy and a kick to reach a maximum speed of the ball. For a more detailed analysis, we used a kinematic analysis of the two kicks. We tried to obtain information about the location of selected points of the kicking limb during a kick.

Research was performed in the Biomechanics Laboratory of the Faculty of Physical Culture. Proband was male, aged 23 years, actively playing football, 1A league of Zlín Region. Proband carried a total of six kicks. The first three kicks of accuracy and three kicks of maximum speed. We chose four of kicks, which we continue to work (two of accuracy, two of maximum speed).

We used the Vicon MX system to obtain the required information,. This system is used for 3D kinematic motion analysis. It works on the principle of sensing infrared cameras, the source signal. Its output was a lot of spatial coordinates, we have used only a part of them. From these coordinates we obtain the distance of points and their speed have been evaluated.

We found that according to selected points of the trajectories we can identify the different phases of the kick. We compared the range of vertical position of both kicks, and we found that kick with a maximum speed has much larger range of extreme positions. Ankle has the largest range of motion, next one was tibia, femur reached the lowest value. Furthermore, we examined the comparison of velocity of knee, ankle, toe in both ways of kick. Maximum speed was measured at the toe of the kicking leg. The lowest maximum speed was measured at the knee.

Our method has advantages and disadvantages. Its advantages are objectivity, precision value and a lot of information, which we can get. Disadvantages are the material consuming and time consuming. It is also necessary professional competence of investigating people. The system Vicon MX is a great asset for the kinematic motion analysis. This system has low utilization in practice (for example football coaches and experts).

10. REFERENČNÍ SEZNAM

- Adrian, M. J., & Cooper, J. M. (1995). *Biomechanics of Human movement*. Iowa: Brown & Benchmark.
- Barfield, W. R., Kirkendall, D. T., & Yu, B. (2002). Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1, 72-79.
- Dobrá, L. (1999). Kvalitativní analýza kopu přímým nártem. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 65, 17-20.
- Isokawa, M. & Lees, A. (1988). A Biomechanical Analysis of the Instep Kick Motion in Soccer. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W. J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 449-455). London: E and FN Spon.
- Janda, V., & Pavlů, D. (1993). *Goniometrie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Janura, M., & Zahálka, F. (2004). *Kinematická analýza pohybu člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Korček, F., & Bohny, K. (1962). *Futbal*. Bratislava: SV ČSTV.
- Korček, F., Kšiňan, J., & Mráz, I. (1982). *Futbal - encyklopédia*. Bratislava: Šport.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 3, 211-234.
- Macho, M. (1996). *Fotbal - vášeň 20. století, historie fotbalu ve faktech, názorech a obrazech*. Praha: Brána.
- Mydlář, V. (1979). *Kopaná pro trenéry IV. třídy*. Praha: Tělovýchovná škola ČÚV ČSTV.
- Navara, M., Buzek, M., & Ondřej, O. (1986). *Kopaná (teorie a didaktika)*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Navara, M., et al. (1966). *Kopaná mládeže*. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství.
- Svoboda, Z., & Janura, M. (2010). Využití 3D kinematické analýzy chůze pro potřeby rehabilitace - systém Vicon MX. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1, 26-31.