

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Dynamické síly a rychlost přímého  
a obloukového kopu v bojových  
aktivitách: systematická řešení**

Bakalářská práce

**Vedoucí bakalářské práce:**

pplk. PhDr. Michal Vágner, Ph.D.

**Vypracoval:**

čet. David Tesař

Praha, 2021

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, za pomoci uvedené literatury a zdrojů. Tato práce, ani její podstatná část nebyla předložena k získání stejného nebo jiného akademického titulu.

V Praze dne:

Podpis:

David Tesař

## Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta/katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---

## Poděkování

Především bych chtěl poděkovat panu pplk. PhDr. Michalu Vágnerovi, Ph.D. za pomoc při vedení této práce, cenné rady, informace a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat npor. Mgr. Janu Malečkovi za vstřícnost a věnovaný čas. V neposlední řadě patří poděkování rodině za jejich podporu a čas.

## **Abstrakt**

### **Název:**

Dynamické síly a rychlost přímého a obloukového kopu v bojových aktivitách: systematická rešerše.

### **Cíl práce:**

Hlavním cílem bylo porovnání dynamických sil a rychlostí přímého a obloukového kopu v bojových aktivitách.

### **Metody:**

Bakalářská práce byla zpracována jako systematická rešerše literatury a studií zabývajících se dynamickými silami a kinematikou přímého a obloukového kopu. Metodický postup zpracování byl zvolen na základě mezinárodního doporučení PRISMA. K počátečnímu výběru potenciálních studií byl sestaven skript, pomocí kterého proběhla jejich redukce z vyhledávacích databází (Web of Science, SportDiscus, Proquest, PubMed). Vybrané studie musely splňovat předem definovaná metodická kritéria včetně experimentálního popisu, aby mohly být zařazeny a následně porovnávány výsledky dynamických sil a kinematiky přímého a obloukového kopu.

### **Výsledky:**

Vyšší maximální síly, nárazové síly, úhlové rychlosti kyčle a kolene v extenzi a kyčle ve flexi byly zjištěny u přímého kopu, stejně tak kratší čas nárazu. Maximální rychlosti chodidla a kolene byly výrazně vyšší u obloukového kopu, s čímž souvisí celkový čas provedení, který je kratší pro obloukový kop (na cíl, i bez fyzického cíle).

### **Klíčová slova:**

dynamika, kinematika, biomechanika, přímý kop, obloukový kop

## **Abstract**

### **Title:**

Dynamic forces and speed of the front kick and roundhouse kick in combat activities: Systemic review.

### **Objective:**

The main goal of this study was to compare dynamic forces and velocity of the front kick and roundhouse kick in combat activities.

### **Methods:**

This bachelor thesis was processed as a systematic review of literature and studies dealing with dynamic forces and kinematics of front kick and roundhouse kick. The methodological procedure of processing was chosen on the basis of the international recommendation PRISMA. For the initial selection of potential studies, a script was compiled and used to reduce them from search databases (Web of Science, SportDiscus, Proquest, PubMed). Selected studies had to meet predetermined methodological criteria, including experimental description, in order to classify and then compare the results of dynamic forces and kinematics of front kick and roundhouse kick.

### **Results:**

Higher maximum forces, impact forces, angular velocities of the hip and knee in extension and hip in flexion were measured in a front kick, as well as a shorter impact time. The maximum velocity of the foot and knee were significantly higher for the roundhouse kick, which is related to the execution time, which is shorter for the roundhouse kick (to the target and without a physical target as well).

### **Keywords:**

dynamics, kinematics, biomechanics, front kick, roundhouse kick

## Obsah

1	Úvod .....	12
2	Teoretická východiska .....	13
2.1	Bojové aktivity .....	13
2.2	Bojová umění .....	13
2.3	Bojové sporty .....	14
2.4	Boj zblízka .....	14
2.5	Charakteristika kopů.....	14
2.5.1	Přímý čelní kop .....	16
2.5.2	Obloukový kop.....	17
2.6	Dynamika .....	17
2.7	Kinematika .....	18
2.8	Systematická rešerše.....	19
3	Metodika .....	22
3.1	Cíl rešerše a otázky.....	22
3.2	Vybrané studie .....	22
3.3	Použité metody.....	22
3.4	Zjišťované proměnné a sestavení skriptu .....	23
3.5	Proces výběru relevantních studií .....	24
4	Výsledky .....	25
4.1	Dynamické síly přímého kopu .....	26
4.2	Dynamické síly obloukového kopu .....	28
4.3	Čas provedení, rychlost a úhlová rychlost přímého kopu.....	31
4.4	Čas provedení, rychlost a úhlová rychlost obloukového kopu .....	35



5	Diskuse .....	43
5.1	Porovnání dynamických sil přímého a obloukového kopu.....	43
5.2	Porovnání času provedení, rychlosti a úhlové rychlosti přímého a obloukového kopu .....	43
5.3	Vliv hmotnosti probandů a přidané zátěže na dynamiku přímého a obloukového kopu .....	44
5.4	Vliv úrovně zkušeností na dynamiku přímého a obloukového kopu .....	44
5.5	Vliv vzdálenosti cíle na dynamiku a kinematiku obloukového kopu .....	45
5.6	Porovnání kinematiky přímého a obloukového kopu mezi bojovými aktivitami ....	45
5.7	Vliv pohlaví na kinematiku přímého kopu a dynamické síly obloukového kopu....	46
6	Závěr .....	47
7	Seznam literatury.....	48
8	Seznam grafické dokumentace.....	54

## Seznam použitých symbolů

---

$t$	čas
$m$	hmotnost
$v$	rychlost
$\%$	procento
$ms$	milisekunda
$m/s$	metr za sekundu
$Hz$	Hertz
$^{\circ}$	stupeň
$^{\circ}/s$	stupně za sekundu
$N \cdot s$	Newton krát sekunda
$N$	Newton
$n$	velikost souboru
$s$	sekunda
$kg$	kilogram
$\int$	integrál
$\omega$	úhlová rychlost (omega)
$\varphi$	úhlová dráha (Fí)
$d$	změna
$I$	impuls
$F$	síla

## **Seznam použitých zkratk**

---

MMA	mixed martial arts (smíšená bojová umění)
AČR	Armáda České republiky
STP	Speciální tělesná příprava
BMI	Body mass index (index tělesné hmotnosti)

# 1 Úvod

Rostoucí obliba a zájem o bojová umění, a to především díky smíšenému bojovému umění (MMA), přináší i potřebu lépe analyzovat jednotlivé základní techniky, které jsou součástí všech bojových aktivit.

Tato práce se bude zabývat nejčastěji používanými kopy, které se provádí nejen v bojových uměních, ale nachází své využití také v Armádě České republiky (AČR), jako součást speciální tělesné přípravy (STP) nebo v civilní sféře při výuce sebeobrany.

Bojová umění nebo bojové sporty jsou v moderní době příležitostí k získání nových pohybových dovedností a dobré kondice, ale přispívají také ke kultivaci lidské osobnosti.

Studii, které se zabývají problematikou kinematiky a dynamiky kopů, je poměrně velké množství, avšak doposud nebyly podrobněji srovnány naměřené hodnoty dosažených dynamických sil a kinematiky u přímého a obloukového kopu.

Díky vyspělosti dnešní techniky jsme schopni změřit dynamické síly a lineární či úhlové rychlosti při provádění kopů a analyzovat pohyby jednotlivých segmentů těla. U dynamických sil se jedná především o výpočet impulsu, ze kterého je možné odvodit další parametry v průběhu působení sil během nárazu. Zajímavé jsou především hodnoty dosaženého nárazu v průběhu dosažení maximální síly a jednotlivé časy, které se zpravidla rozdělují na čas dosažení maximální síly a celkový čas působení síly během nárazu. Pomocí kinematiky jsou analyzovány jednotlivé segmenty těla, které se podílí na vyprodukování zkoumané dovednosti. Jedná se zejména o zjištění pozice hlavy, trupu, ramen, boků, kolen a kotníků během provádění pohybu.

Vzhledem k tomu, že za posledních dvacet let bylo publikováno mnoho studií, které se zabývaly dynamickými silami a kinematikou přímého a obloukového kopu, bylo naším cílem porovnat zjištěné výsledky u vybraných studií, které splňovaly předem definované požadavky pro zpracování systematické rešerše.

## **2 Teoretická východiska**

V teoretické části této práce se budeme zabývat především rozebráním problematiky týkající se dynamiky a rychlosti. Nejprve budou ale popsány bojové aktivity.

### **2.1 Bojové aktivity**

Tradiční rozdělení bojových aktivit se rozlišovalo podle techniky nebo zbraně, která se v dané aktivitě používala. Termín bojové aktivity v sobě zahrnuje všechny oblasti a způsoby boje, které jsou obsahem níže uvedených bojových umění, bojových sportů či boje zblízka (Martínková a Vágner, 2010). Označení bojové aktivity tak můžeme chápat jako obecný termín pro všechny způsoby boje.

### **2.2 Bojová umění**

Dle Fojtíka a Krále (1993) se bojová umění dělí na dvě základní kategorie a to: budzucu (dosl. bojová umění, bojové dovednosti), které mají svůj původ z doby samurajů a jejich bojového umění, které mělo za cíl co nejrychlejší ukončení boje s protivníkem, a budó (dosl. válečné nebo bojové cesty) – tato disciplína je výrazně mladší a jejím cílem naopak nebylo naučení techniky pohybu, ale zaměřovalo se především na formování osobnosti.

Dnešní podoba vychází z této původní myšlenky bojových umění, avšak vyvinula se do podoby, která má podobný charakter a význam (například formování a regulace psychické stránky nebo energetických rezerv organismu, sebeobrané systémy) jako ostatní tělovýchovné aktivity. Myšlenka všestranně vyspělého člověka se datuje už od starověkých civilizací (Fojtík, 1999). Pro spartský systém byla klíčová tělesná cvičení, která však byla jednostranná a jejím cílem byla příprava na válku. Naopak aténský systém uplatňoval řecký ideál harmonické výchovy, která slučuje jak fyzickou zdatnost jedince, tak rozumovou a mravní vyspělost, která nesla název kalokaghatia (Kössl a kol., 2018).

Součástí bojových umění jsou techniky, ke kterým se řadí i kopy, z nichž jsou v této práci zařazeny nejvíce používané v bojových sportech nebo v sebeobraně či boji z blízka.

Bojová umění obsahují velké množství kopů, z nichž jsou nejčastěji používané kopy v bojových sportech, sebeobraně nebo boji z blízka vybrány pro tuto práci.

### **2.3 Bojové sporty**

Bojové sporty mají především výkonnostní charakter, zdokonalování a učení se novým bojovým technikám. Soutěže v bojových sportech jsou omezeny jasně danými pravidly, které musí každý sportovec dodržovat a to především z důvodu zachování bezpečnosti. (Nonnemacher, 2009)

### **2.4 Boj zblízka**

Dle Vágnera a kol. (2017) je boj zblízka definován jako pragmatické využití bojových technik v boji z bezprostřední vzdálenosti mezi dvěma či více protivníky s jednoznačným cílem překonání protivníka. Jedná se o bojovou aktivitu, která pružně reaguje na stále se měnící válečné prostředí a na základě zkušeností dochází k jejímu neustálému proměňování a přizpůsobování. Na rozdíl od bojových sportů není boj zblízka omezen pravidly.

### **2.5 Charakteristika kopů**

Kopy patří k útočným technikám, které se provádějí dolními končetinami. V porovnání s údery, jako dalším zástupcem útočných technik, jsou kopy silnější, avšak pomalejší. Tento rozdíl je především z důvodu vyšší hmotnosti dolní končetiny, která váží dvakrát více, než horní, což má za následek až čtyřikrát větší sílu kopu (Link a Chou, 2016). Jako důležitý aspekt nesmíme opomíjet ani rozdílnou délkou dráhy, která bude u kopů výrazně delší a vyšší nároky na rovnováhu a stabilitu při jejich provádění.

Dle Fojtíka a Krále (1993) je účinnost kopu závislá na několika faktorech, jakými jsou například rychlost, pohyb pánve ve směru cíle, zapojení co největšího počtu svalů (kop je pohyb, který se provádí celým tělem, nejen samotnou končetinou), stojná noha na celém chodidle, využití reakcí z ostatních pohybů a v závěrečné fázi kopu je důležitá tenze jak útočící, tak stojné končetiny.

Podle Wichmanna (2003) slouží kopy mimo jiné k udržení dostatečné vzdálenosti od protivníka nebo protivníka, který je ozbrojený a rozděluje techniku kopu na tři základní znaky: překonání vzdálenosti, získání dynamické techniky spojením tělesného nasazení a práce nohou a návrat do výchozí pozice, kterým získáváme dobrou kontrolu nad dalšími akcemi, které mohou nastat.

Nepřehlédnutelným tématem bojových umění jsou zranitelná místa, která se nacházejí na lidském těle a na která může být veden útok, v našem případě kop. Znalost těchto míst, která je úzce spjata s pravidly, je důležitá k bezpečnému provozování bojových sportů, jejich tréninku a soutěží. Opačný úkol však plní bojové systémy používané ve vojenském prostředí, které vznikly především za účelem zneškodnění protivníka a které se naopak na tato zranitelná a vitální místa zaměřují. Tělo můžeme rozdělit do tří základních pásem. Spodní pásmo, které zahrnuje především dolní končetiny, genitálie a podbřišek, středním pásmem rozumíme přední stranu trupu a horní pásmo obsahuje hlavu, obličej a krk. Ve většině vybraných studií pro tuto práci byly kopy vedeny na střední pásmo do oblasti solar plexus (Estevan a Falco, 2013; Falco a kol., 2013; Estevan a kol., 2014).

Je důležité si uvědomit, že většina kopů se v reálném použití v bojových sportech nebo v sebeobraně, provádí v pohybu, nikoliv v ideálních podmínkách na statický cíl. Totéž platí o situacích, ve kterých člověk kop provádí. Jedná-li se o sporty a jejich soutěže, jsou kopy omezeny určitými pravidly, která omezují plochy nebo zóny, na které může být kop proveden. Naopak v sebeobraně nebo armádním využití bychom tato pravidla nenašli. Důvodem jsou rozdílné cíle, které provedením kopu sledujeme (bodové ohodnocení nebo co nejrychlejší ukončení). Proto je při zjišťování účinnosti kopu pomocí kinetických a kinematických veličin nutné předem specifikovat o jaký typ kopu se bude jednat. Pokud se provádí kop do dynamické desky, tak se zpravidla jedná o tzv. push-kick, kde je hlavním cílem dosažení maximální síly kopu s využitím hmotnosti celého těla v dopředném pohybu.

Pro tuto práci jsou klíčové bojové aktivity, ale také prostředí, ve kterých nalézají své využití kopy, a proto se bude jednat především o taekwondo, karate, kick-box, muay thai, sebeobrana nebo bojové systémy ozbrojených složek.

V této bakalářské práci se budeme zabývat pouze kopy, které jsou nejčastěji používány v bojových aktivitách a sportech, ale i boji zblízka, kde jsou na základě předchozích studií analyzovány především přímý kop a obloukový kop. U těchto vybraných kopů se studie zaměřují především na dynamické síly a kinematiku.

### 2.5.1 Přímý čelní kop

Tento kop se řadí mezi základní a nachází uplatnění téměř ve všech bojových aktivitách. Můžeme ho najít také pod názvem mae geri, ap čagi a front kick. Jedná se o relativně silný kop, který se provádí nejčastěji ze zadní nohy (existuje modifikace, ve které se provádí z nohy přední). Rozlišujeme dvě formy provedení přímého čelního kopu a těmi jsou mae geri keage a mae geri kekomi (známý spíše pod anglickým ekvivalentem *push kick*). Zásadním rozdílem jsou úderové plochy. Kop mae geri keage, který má především sportovní využití, má úderovou plochu bříska chodidla, u mae geri kekomi je to celé chodidlo (bříško chodidla i pata), což způsobuje nárůst síly z důvodu většího využití hmotnosti těla (Wichmann, 2003). Tento kop může směřovat od oblasti genitálií, přes solar plexus až při vysokém provedení na hlavu, což je ovlivněno výškou kolene při jedné z fází, které budou popsány níže. Hlavními dynamickými svaly jsou kvadriceps, lýtkové svaly a dlouhý napínač prstů.

Průběh pohybu u přímého čelního kopu můžeme rozdělit do několika fází (Obrázek 1). První fází je zvednutí zadní nohy a přenesení těžiště nad nohu přední. V této fázi dochází k natočení boků do směru budoucího kopu. Následuje zvednutí kolene kopající nohy. Výška kolene je v podstatě rovna výšce kopu. V závěrečné fázi se prudce vymršťá bérce, čímž dojde k propnutí nohy. Boky se posouvají směrem vpřed (Fojtík a Král, 1993). Chodidlo je v plantární flexi a zpevňuje se v souvislosti s přípravou na náraz. Po zasažení cíle se snažíme nohu co nejrychleji stáhnout zpět.



Obrázek 1: Jednotlivé fáze přímého čelního kopu (Wasik a kol., 2015)



## 2.5.2 Obloukový kop

Obloukový kop, také jinak zvaný mawaši geri, dollyo chagi nebo roundhouse kick je jeden z trojice základních kopů společně s přímým čelním a bočním kopem. Stejně jako přímý čelní kop, existují varianty, kdy se kope z přední nohy (rychlejší provedení) nebo ze zadní (silnější). V základní formě, která se učí například na zkouškách je úderovou plochou zpevněné břicho chodidla. Pro sportovní účely je především z důvodu bezpečnosti plochou nárt, protože se kope především na hlavu z důvodů vyššího bodového hodnocení. Cílem však mohou být dolní končetiny, nebo oblast žeber. Jedná se o švihový kop, proto je nápřah důležitý pro získání maximální síly (Staněk, 1996).

Mezi hlavní zapojené svaly patří opět kvadriceps, dále šikmé břišní svaly, hýžděový sval nebo napínač stehenní povázky. Přímý břišní sval, kvadriceps a lýtkové svaly stejné nohy jsou hlavními statickými svaly (Link, 2016).

Fáze kopu můžeme rozdělit opět na přenášení hmotnosti na přední nohu, zvednutí kolene a zmenšení úhlu v kyčelním kloubu (Obrázek 2). Následuje pohyb bérce vpřed obloukem vně osy těla. Při tomto pohybu dochází k rotaci stejné nohy o  $90^\circ$  -  $120^\circ$  (Lee, 2005) a bok útočící nohy se vytáčí směrem k cíli. Před nárazem se břicho chodidla opět zpevňuje. Po dokončení kopu se útočná noha co nejrychleji stahuje zpět.



Obrázek 2: Fáze obloukového kopu (Wasik, 2010)

## 2.6 Dynamika

*Dynamika je odvětvím mechaniky tuhých těles, které se zabývá vztahy mezi vnějšími účinky na těleso resp. soustavu těles a mezi pohyby tělesa resp. soustavy těles.*

Tyto vztahy jsou popsány dynamickými rovnicemi, v nichž základní proměnnou je čas  $t$  (Apetaur, 2004).

Obecnými pravidly dynamiky jsou Newtonovy zákony (zákon setrvačnosti, zákon akce a reakce, zákon síly), které vyjadřují vztah mezi silami a pohybem (Ciprian, 2007).

Základní veličiny dynamiky je výše zmíněný čas ( $t$ ) a dále hmotnost ( $m$ ) a rychlost ( $v$ ). V našem případě se bude jednat o čas provedení kopu, hmotnost bude spojena s hmotností účastníků (případně BMI).

Do oblasti dynamiky také spadá pro nás důležitý impuls síly. Podle Štolla (2003) je impuls síly vyjádřením časového účinku síly (Rovnice 1). Tato skalární veličina vyjadřuje výsledné působení síly v čase kontaktu úderné plochy se styčnou plochou (cílem). V případě kopů se jedná o kontakt přední části chodidla s cílovou plochou, při měření dynamických sil zpravidla kontakt se siloměrnou deskou.

Výpočet impulsu síly: 
$$\vec{I}_{net} = \int_{t_0}^{t_1} \mathbf{F}(t) dt$$

*Rovnice 1: Výpočet impulsu síly*

Kde  $t_0$  = čas počátečního kontaktu,  $t_1$  = čas ukončení kontaktu,  $F$  = síla,  $t$  = čas stanovené frekvence,  $d$  = změna (*delta*).

Pro tuto práci byla vybrána nárazová síla (poměr mezi impulsem a maximální silou kopu v čase od kontaktu do dosažení maximální síly kopu) a impuls síly (Rovnice 1). Přičemž jsme se zaměřili na proměnné, které mohou tyto výsledky ovlivnit, jako je například vzdálenost nebo výška cíle, obutí, zkušenosti či pohlaví probandů.

## 2.7 Kinematika

Kinematika je část mechaniky, která je definována jako: *Nauka o pohybu těles bez ohledu na síly, které pohyb způsobily. Je to záležitost geometrická. Těleso se pohybuje v prostoru a čase působením sil. Podle Newtonova zákona mezi hmotou a silou je závislost* (Příkryl, 2005).

Podle Apetaura (2004) se kinematika zabývá nejen změnami polohy, ale také časovým hlediskem – rychlostí a zrychlením změn polohy, přičemž: *rychlost je fyzikální*

veličina, kterou hodnotíme kvantitativně i kvalitativně pohyb hmotného bodu (Dostál a Janáček, 2004).

Výpočet rychlosti: 
$$v = \frac{s}{t}$$

*Rovnice 2: Výpočet rychlosti*

Kde  $v$  = rychlost,  $s$  = dráha,  $t$  = čas.

Při hodnocení kinematiky kopu je také zkoumána úhlová rychlost mezi jednotlivými segmentů v průběhu kopu. Dle Janurové (2007) je úhlová rychlost charakterizována jako změna velikosti úhlové dráhy, která nastane během časového intervalu.

Výpočet úhlové rychlosti: 
$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

*Rovnice 3: Výpočet úhlové rychlosti*

Kde  $\omega$  = úhlová rychlost,  $\varphi$  = úhlová dráha,  $t$  = čas.

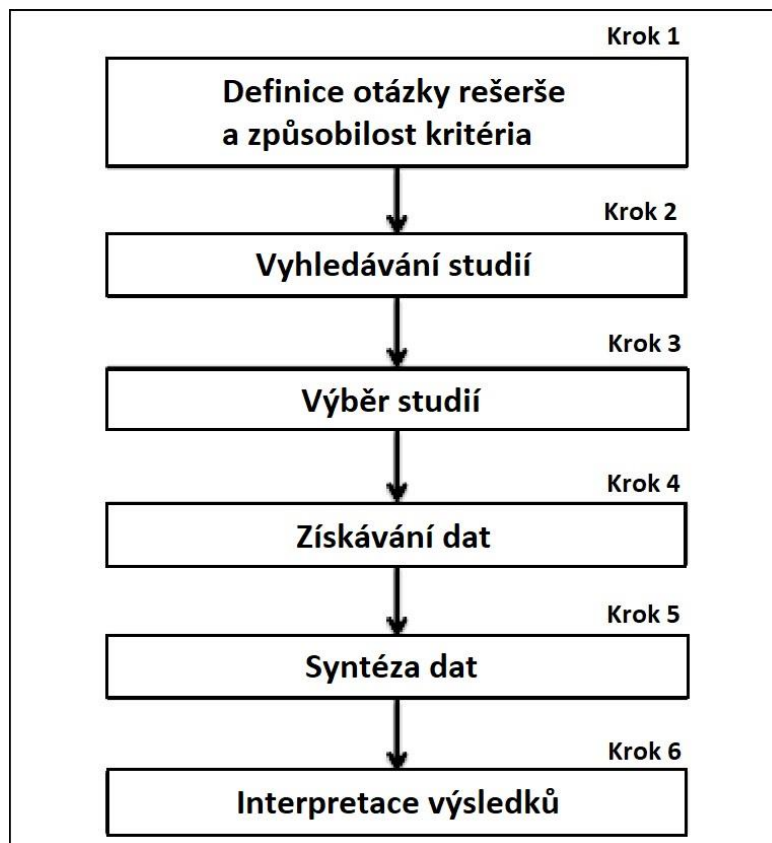
Kinematické údaje, na které byl kladen důraz v této práci, byly především lineární a úhlové rychlosti kopů mezi segmenty (pánev, kyčel, koleno, kotník a chodidlo) a jejich změny při odlišných vzdálenostech a výškách cíle, zkušenostech probandů s bojovým uměním nebo pohlaví. Dále byl porovnán také celkový čas provedení kopu a čas dosažení maximální síly.

Získané informace o dynamice a kinematice přímého a obloukového kopu z námi vybraných studií budou v diskuzi následně porovnávány.

## **2.8 Systematická rešerše**

*Jde o psaný dokument, který obsahuje argumentaci postavenou na logických pravidlech a detailním porozumění současného stavu poznání v oblasti, na kterou se rešerše zaměřuje. Rešerše by měla být přesvědčivou odpovědí na položenou otázku (Machi a McEvoy, 2012).*

Rešerše literatury a studií je systematická, vysvětlitelná a reprodukovatelná metoda identifikace, hodnocení a syntézy existujícího souboru dokončených a zaznamenaných prací vytvořených vědci, akademickými pracovníky a odborníky z praxe (Fink, 1998). Tato metoda se rozděluje do několika kroků, které jsou uvedeny na následujícím schématu (Obrázek 3).



Obrázek 3: Kroky systematické řešerše (Impellizzeri a Bizzini, 2012)

Důležité pro vypracování systematické řešerše, jsou kritéria, která zahrnují jako první uvedení designu studie v názvu nebo abstraktu a poskytnutí informativního a vyváženého shrnutí toho, co bylo nalezeno, včetně názvu bojového systému, druhu pohybové akce a naměřených hodnot.

Úvod, jako další část, obsahuje vysvětlení vědeckého pozadí a odůvodnění pro výzkum, který byl oznámen v úvodu a uvedení charakteristické cíle, zahrnující před specifikované hypotézy v předchozí části.

Klíčové prvky designu studie popisují metodické části. V těchto částech se dále popisují měřicí zařízení, nastavení, místo a příslušná data, včetně období výběru, sledování a shromažďování údajů např. o účastnících (způsobilost účastnících, zdroje a metody výběru, kritéria shody účastnících, zkušenosti s bojovým uměním atd.).

Dalším obsáhlým krokem jsou zkušební metody, které obsahují definice všech senzorů a výsledků klíčových pro cíle práce, typ útoku, klasifikace v oficiální metodice bojového systému, protokoly měření pro každou pohybovou akci, který bude obsahovat také data o pozici nohy (přední, zadní, levé a pravé), vysvětlení, jak byly údaje,

požadované v práci získávány a zpracovány v analýzách, popis všech statistických metod, včetně těch, které se používají ke kontrole nepřesností.

Ve výsledcích jsou uvedeny počty jednotlivců v každé studii. Sledování je dokončeno a výsledky analyzovány. Uvádějí se zde počty událostí výsledku nebo souhrnná opatření výsledku testu a výsledky měření v číselné formě. Dále se uvádějí provedené analýzy např. analýzy podskupin, interakcí a citlivosti analýzy.

Poslední fází je diskuse, která obsahuje souhrn klíčových výsledků s odkazem na studijní cíle, diskutování omezení studie s přihlédnutím ke zdrojům možného zkreslení nebo nepřesností, poskytování celkové interpretace výsledků s ohledem na cíle, omezení, rozmanitost analýz, výsledky podobných studií a další relevantní důkazy. Jako poslední se diskutuje o obecnosti (externí platnosti) výsledků studie.

### **3 Metodika**

Tato část bakalářské práce se zaměřuje na popis použitých výzkumných metod. Obsahuje informace o způsobu sběru dat a jejich následné vyhodnocení.

#### **3.1 Cíl rešerše a otázky**

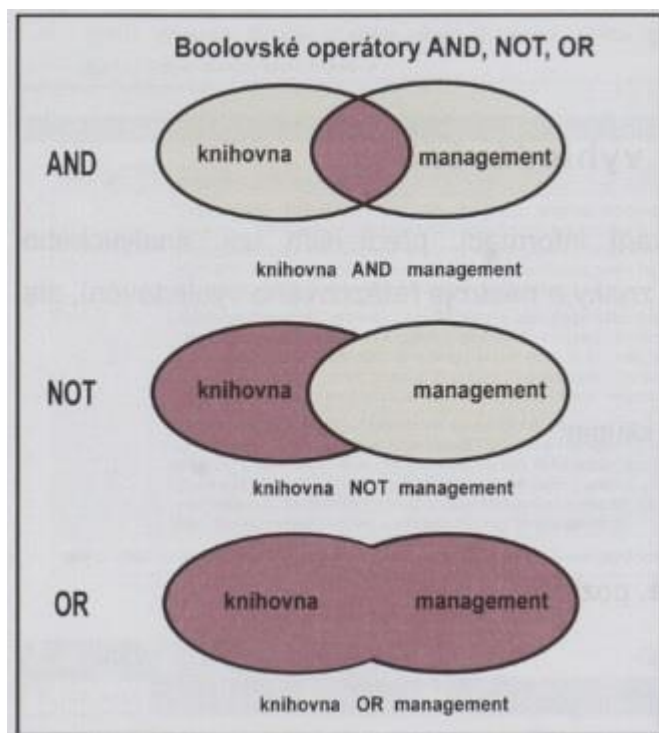
Cílem systematické rešerše bylo porovnat dynamické síly a rychlost přímého a obloukového kopu v bojových aktivitách.

#### **3.2 Vybrané studie**

Studie, které byly vybrány jako vhodné k této problematice, musely splňovat kritéria, která jsme si na začátku práce definovali – informace o dynamických silách nebo rychlostech a musely souviset s námi vybranými kopy (přímý a obloukový kop).

#### **3.3 Použité metody**

Pro účely této bakalářské práce byla použita metoda systematické rešerše na základě referovaného výběru položek v souladu s doporučením PRISMA (Wolf a kol., 2018). Jako první krok byla definována výzkumná otázka, zaměřená na problematiku dynamických sil a rychlosti kopů v bojových uměních. Podle definované otázky a poté námi sestaveného skriptu, který obsahoval klíčová slova a booleovské operátory (AND, OR a NOT), (Obrázek 4), došlo k zúžení výsledků z několika internetových databází (Web of Science, SportDiscus, Proquest, PubMed). Z těchto výsledků byly následně vybírány za předem stanovených kritérií nejvhodnější studie, ze kterých byly získávány klíčové informace pro tuto práci. Zpracování dat probíhalo pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel 2006. Z takto vybraných studií byla provedena syntéza dat, jejichž interpretace je v této práci.



Obrázek 4: Příklad booleovských operátorů (Papík, 2011)

### 3.4 Zjišťované proměnné a sestavení skriptu

Sestavení skriptu pro vyhledání studií spočívalo ve vymezení nejlépe vystihujícího pořadí pro selekci námi požadovaných proměnných. Počáteční snaha o vymezení bojových aktivit, ze kterých se následně selektovaly vybrané kopy a kinetické a kinematické parametry se ukázala z důvodu velké rozmanitosti názvů bojových aktivit jako nevhodná. Vhodnější varianta zvoleného pořadí byla nejprve vyselektovat přímo námi zvolené kopy s respektováním jejich různých názvů napříč bojovými aktivitami a poté z těchto studií selektovat dynamické síly, kinetiku a kinematiku, a nakonec provést selekci definováním bojových umění, bojových sportů a boje zblízka.

První část skriptu: front\* AND kick\* OR roundhouse\* OR mae-geri\* OR apchagi\* OR dollyo\*.

Druhá část skriptu: kinematic\* OR kinetic\* OR dynamic\* OR force\* OR velocity\* OR speed\* OR angle\*.

Třetí část skriptu: taekwondo\* OR karate\* OR self\* AND defence\* OR muay-thai\* OR kick\* AND box\* OR close\* AND combat\* OR martial\* AND art\*.

### 3.5 Proces výběru relevantních studií

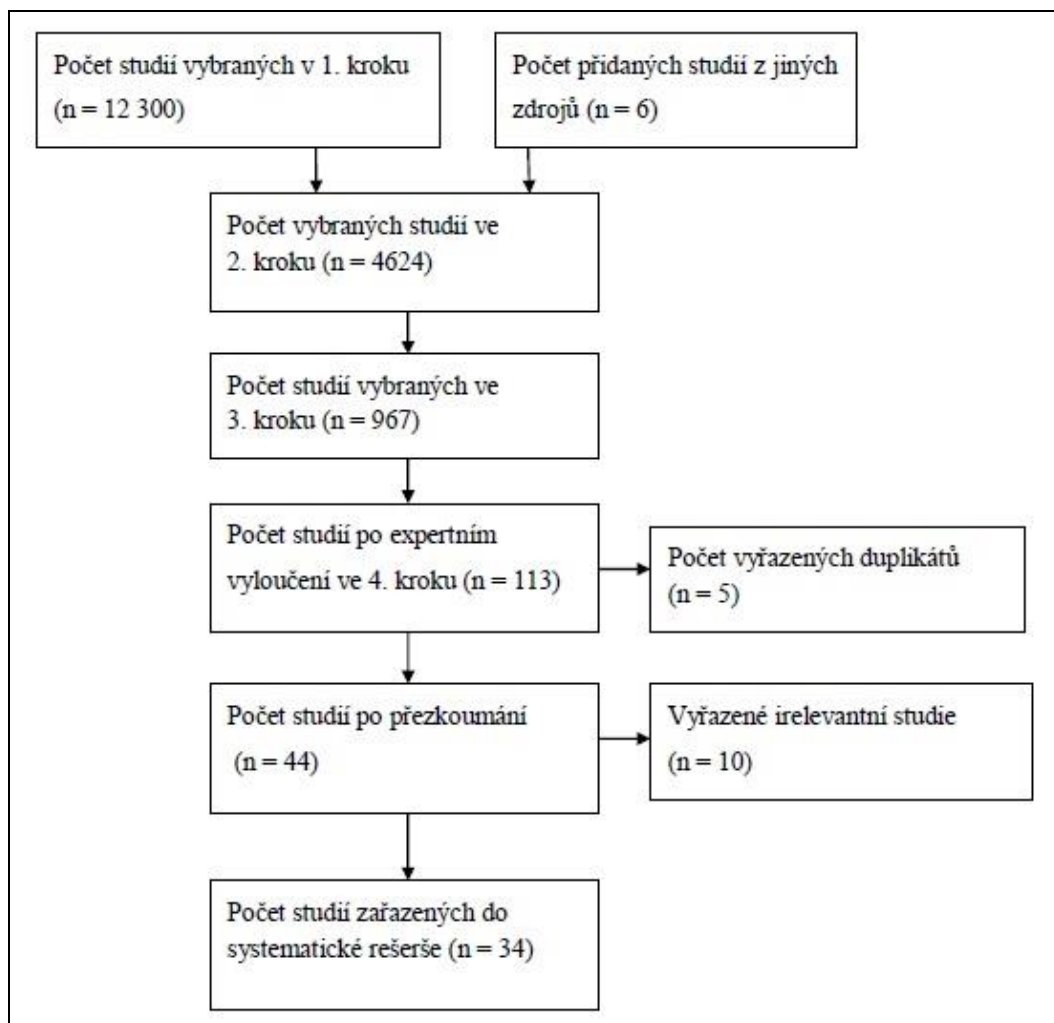
Vzhledem k měřícím procedurám, které jsou používány při zjišťování dynamických sil a kinematiky kopů byl časový rozsah hledání stanoven od roku 1980 do dubna 2021. V prvním kroku jsme vybírali studie, které se zabývaly přímým a obloukovým kopem, nicméně, tento prvotní výběr byl zúžen dalším zpřesněním požadovaných parametrů. Ve druhé části bylo zacíleno na kinematiku a dynamiku a zúžil se tak počet vybraných relevantních studií. Ve třetím kroku byly vyselektovány všechny studie, které měly souvislost s bojovými uměními, bojovými sporty a bojem zblízka. V dalším kroku následovalo expertní posouzení a tím vyloučení studií, které se nezabývaly námi předem definovanými proměnnými u vybraných kopů. Potencionálně vhodné studie z databází byly poté exportovány do tabulek v Microsoft Office Excel 2016, kde byly vyřazeny duplikáty napříč vybranými databázemi. Poté bylo u každé studie přezkoumáno, zda obsahuje alespoň jednu stanovenou kinetickou nebo kinematickou proměnnou. Po tomto přezkoumání byly v posledním kroku výběru studií pro účely této systematické rešerše vybrány vhodné studie.

Vybrané studie v posledním kroku musely obsahovat jméno autora a práce, informace o účastnících studie, cíl studie, jasné vymezení typu bojového aktivity, informace, jaká měřící zařízení byla v dané studii použita. Pro účely srovnání musela každá vybraná studie obsahovat minimálně jeden kinetický nebo kinematický parametr: maximální sílu kopu (na cíl nebo bez cíle), impuls, nárazové síly, rychlosti (chodidla, kolene, boků, kyčle, rychlost při kopu na cíle nebo bez cíle a úhlové rychlosti kolene, kyčle a boků), úhly jednotlivých segmentů dolních končetin, čas provedení kopu. Ve sporných případech byla studie expertně posuzována, zda je vhodné ji zařadit do rešerše.



## 4 Výsledky

Za účelem splnění stanoveného cíle systematické rešerše jsme postupně hledali v databázích v tomto pořadí: Web of Science, SportDiscus, Proquest, PubMed. V prvním kroku bylo získáno celkem 579, 7377, 4020 a 324 studií, z jiných zdrojů přidáno 6 studií, celkem tedy 12 306 studií. Ve druhé části jsme zúžili počet studií na 269, 1309, 2883 a 163, celkem 4624 studií. V poslední, třetí části výběru, jsme vyselektovali 83, 420, 461 a 3 studií, celkem tedy 967 studií. Ve čtvrté části bylo expertně vyloučeno 61, 340, 458 a 1 studií, zbylo celkem 113 studií. Potencionálně vhodné studie z databází byly exportovány do tabulek v Microsoft Office Excel 2016, kde bylo vyřazeno 5 duplikátů napříč vybranými databázemi. Poté proběhlo přezkoumání každé studie, zda obsahuje alespoň jednu námi stanovenou kinetickou nebo kinematickou proměnnou. Při tomto kroku bylo vyřazeno 64 studií a zbylo celkem 44 studií, u kterých byla přezkoumána požadovaná kvalita studií. Pro přehlednost byly vytvořeny tabulky, které shrnovaly všechny námi získané informace, které musela každá vybraná studie splňovat, aby mohla být zařazena do této rešerše (viz. Tabulka 1 a Tabulka 2 v přílohách). Po vyloučení irelevantních studií zůstalo 34 studií, které byly zařazeny do systematické rešerše. Proces vyhledávání je zobrazen na Obrázku 6.



Obrázek 5: Schéma výběru studií do systematické rešerše

Vybrané studie, které splňovaly kritéria, jsme rozdělili do dvou skupin podle vybraného kopu a dále ještě do dvou skupin za účelem porovnání dynamických sil a kinematických parametrů (police, rychlost a úhlová rychlost) vybraných kopů.

#### 4.1 Dynamické síly přímého kopu

Pozo a kol. (2011) se ve své studii zaměřili na čas provedení, kinetiku a kinematiku kopu mae-geri a následně porovnávali karatisty národní a mezinárodní úrovně. Studie se zúčastnilo 17 dospělých karatistů s dominantní pravou dolní končetinou, kteří byli dále rozděleni do dvou skupin podle úrovně na 9 sportovců národní (NT) úrovně (8 mužů, 1 žena, hmotnost  $76 \pm 11,3$  kg) a 8 mezinárodní (INT) úrovně (7 mužů, 1 žena, hmotnost  $70,3 \pm 9,3$  kg). Kopy byly prováděny na silovou desku Kistler. Z hlediska dynamických sil byly pro tuto práci vybrány nárazové síly. Výsledky nerozlišovaly pohlaví účastníků. Vyšších maximálních nárazových sil bylo dosaženo u karatistů národní úrovně  $57,7 \pm 30,3$  N/kg, proti  $52,5 \pm 24,7$  N/kg.

Vágner a kol. (2018) zkoumali vliv vojenské obuvi na dynamiku přímého kopu. Studie se zúčastnilo 6 vojáků Vojenského oboru Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, kteří prováděli osm individuálních přímých kopů bosou nohou (NB) a s vojenskou obuví (MB). Měřícím zařízením pro impuls a maximální síly kopu byla siloměrná deska Kistler. Maximální síla ani impuls MB ( $3180 \pm 647$  N a  $367 \pm 40$  N · s<sup>-1</sup>) se výrazně nelišily od NB ( $3157 \pm 291$  N a  $360 \pm 48$  N · s<sup>-1</sup>).

Vágner a kol. (2018) ve své práci zkoumali vliv nesené balistické a zátěžové vesty na kinetiku přímého kopu. Studie se zúčastnilo 5 vojáků ( $22,2 \pm 1,5$  let,  $78,8 \pm 5,8$  kg,  $180,6 \pm 4,8$  cm), kteří prováděli šest přímých kopů s vlastní hmotností (NV), 12kg balistickou vestou (BV) a 12kg zátěžovou vestou (WV). Kop byl prováděn na siloměrnou desku Kistler 9281 (1000 Hz), jejíž výška byla nastavena pro každého účastníka studie individuálně. Probandi na sobě měli v průběhu testování standardizovanou obuv a oblečení. Z hlediska dynamiky byly pro tuto práci vybrány maximální síly (BV  $6061 \pm 1176$  N, WV  $6298 \pm 1355$  N, NV  $5201 \pm 1176$  N) a nárazové síly (BV  $3761 \pm 930$  N, WV  $3833 \pm 790$  N, NV  $3405 \pm 62$  N). Kopy prováděny s balistickou a zátěžovou vestou dosahovaly vyšších maximálních sil a nárazových sil, než kopy bez zátěže.

Vágner a kol. (2020) měli za cíl studie znalosti o účincích nošení balistické vesty a batohu na maximální rychlost a dynamické síly během přímého kopu. Studie se zúčastnilo 25 vojáků ( $27,7 \pm 7,2$  let,  $83,8 \pm 6,1$  kg,  $180,5 \pm 6,5$  cm), kteří prováděli přímý kop bez zátěže (NL), s 30kg zátěží (WG) složená z vojenské obuvi a zbraně (3 kg), balistické vesty (12 kg) a batohu (15 kg). Kinetika byla měřena pomocí siloměrné desky Kistler 9281 (2000 Hz) synchronizována s 3D systémem pro snímání pohybu. Nebyl zjištěn výrazný rozdíl maximální síly s NL ( $5604 \pm 1578$  N) v porovnání s WL ( $5462 \pm 1515$  N) a impuls síly (NL  $157,4 \pm 35,47$  N/s, WL  $177,83 \pm 43,3$  N/s).

Vágner a kol. (2021) měli za cíl najít kinematické determinanty dynamiky předního kopu napříč různými úrovněmi probandů a nesené zátěže. Studie se zúčastnilo 24 mužů vojenského personálu, rozdělení na elitní (ET) a sub-elitní (SET), kteří prováděli přímé kopy bosou nohou (NL), v 2kg vojenské obuvi a 3kg zbraní (WL1), ve vojenské obuvi, se zbraní a 10kg balistickou vestou (WL2), ve vojenské obuvi, se zbraní, balistickou vestou a 15kg batohem (WL3) a ve vojenské obuvi, se zbraní, balistickou vestou a 30kg batohem (WL4). Dynamika kopu byla měřena pomocí siloměrné desky Kistler 9281 (1000 Hz), synchronizována s 3D systémem pro snímání

pohybu. Pro tuto práci byla vybrána maximální síla (SET NL  $5551 \pm 1243$  N, WL1  $6078 \pm 1147$  N, WL2  $5949 \pm 1270$  N, WL3  $5530 \pm 1249$  N, WL4  $5382 \pm 1000$  N; ET NL  $5869 \pm 1763$  N, WL1  $6305 \pm 1723$  N, WL2  $6052 \pm 1488$  N, WL3  $5673 \pm 1540$  N, WL 4  $5306 \pm 1361$  N), impuls síly (SET NL  $153,5 \pm 29,5$  N·s<sup>-1</sup>, WL1  $168,1 \pm 25,8$  N·s<sup>-1</sup>, WL2  $179,8 \pm 35,8$  N·s<sup>-1</sup>, WL3  $187,3 \pm 42$  N·s<sup>-1</sup>, WL4  $202,1 \pm 38$  N·s<sup>-1</sup>; ET NL  $168,7 \pm 36,2$  N·s<sup>-1</sup>, WL1  $176,2 \pm 33,7$  N·s<sup>-1</sup>, WL2  $183,2 \pm 36,4$  N·s<sup>-1</sup>, WL3  $176,2 \pm 33,7$  N·s<sup>-1</sup>, WL4  $191,6 \pm 46,5$  N·s<sup>-1</sup>) a nárazové síly (SET NL  $2447 \pm 543$  N, WL1  $3310 \pm 546$  N, WL2  $3199 \pm 655$  N, WL3  $2921 \pm 569$  N, WL4  $2826 \pm 494$  N; ET NL  $3013 \pm 824$  N, WL1  $3737 \pm 982$  N, WL2  $3640 \pm 929$  N, WL3  $3389 \pm 941$  N, WL4  $3142 \pm 762$  N). Skupina ET byla schopna produkovat kop správnou technikou až do WL3. Maximální síla se zvyšovala až do WL2, poté se vrátila k hodnotám NL. Impuls síly se s přidávanou zátěží zvětšoval. Nárazové síly zjištěné s WL1 – WL4 byly výrazně vyšší, než NL.

#### **4.2 Dynamické síly obloukového kopu**

Na efektivitu obloukového kopu u elitních taekwondistů se zaměřil Thibordee a Prasartwuth (2014). Studie se zúčastnilo 16 taekwondistů (černý pás), kteří prováděli pět obloukových kopů maximálním úsilím. Podle naměřených hodnot maximální síly kopu, byli následně rozděleni do dvou skupin (8 probandů HI, vyšší dosažené hodnoty než medián a 8 probandů LO, pod touto hranicí). Pro tuto práci byly vybrány impaktní síly obloukového kopu těchto skupin. Kop byl prováděn na cíl obdélníkového tvaru, který byl konstruován z pěny a pokryt vrstvou polyvinylchloridu. Byl zjištěn výrazný rozdíl maximálních sil mezi HI ( $1491 \pm 274$  N) a LO ( $975 \pm 190$  N) skupinami. Mezi těmito skupinami nebyl významný věkový, výškový nebo zkušeností rozdíl. Hlavním rozdílem byla hmotnost, která byla u HI skupiny výrazně vyšší ( $p < 0,05$ ).

Falco a kol. (2008) se zabývali vlivem vzdálenosti v souvislosti s dobou provedení a nárazovou silou obloukového kopu v taekwondu. Studie se zúčastnilo 31 taekwondistů ve věkovém rozpětí 16 až 31 let, kteří byli dále rozděleni do dvou skupin podle soutěžních zkušeností na profesionální sportovce ( $n = 15$ ) a začátečníky ( $n = 16$ ). Kop byl prováděn na figurínu, která měla na svém trupu silovou desku. Byly provedeny dva pokusy pro každou ze tří různých vzdáleností (6 pokusů na sportovce), které byly zaznamenány s ohledem na délku nohy probandů (vzdálenost 3, střední vzdálenost), respektive přidání 1/3 délky nohy (vzdálenost 2, velká vzdálenost) a 1/3 délky nohy (vzdálenost 1, krátká vzdálenost). Cílová oblast byla upravena podle výšky

břicha subjektů. Naměřené maximální síly u profesionálních sportovců byly  $2089,80 \pm 634,70$  N vzdálenost 1,  $1988 \pm 466$  N vzdálenost 2 a  $1904 \pm 498$  N vzdálenost 3. U začátečníků  $1537 \pm 737$  N vzdálenost 1,  $1592 \pm 672$  N vzdálenost 2 a  $1305 \pm 609$  N vzdálenost 3.

Estevan a kol. (2011) se zabývali analýzou obloukového kopu vedeného na hlavu porovnáním nárazových sil, časem provedení na tři vzdálenosti. Studie se zúčastnilo 27 dospělých taekwondistů, kteří byli rozděleni do dvou skupin podle výsledků dosažených v oficiální soutěži na medailisty ( $n = 13$ ) a skupina bez medaile ( $n = 14$ ). Kop byl prováděn na silovou desku, připevněnou na figurínu, výška cíle byla nastavena podle výšky brady sportovce. Vzdálenosti byly rozděleny podle délky dolní končetiny (střední vzdálenost), respektive přidání 1/3 délky dolní končetiny (dlouhá vzdálenost), 2/3 délky nohy pak představovalo krátkou vzdálenost. Z pohledu dynamických sil byly vybrány maximální síly. Medailisté naměřili  $1829 \pm 161$  N (krátká vzdálenost),  $1803 \pm 131$  N (střední vzdálenost) a  $1760 \pm 149$  N (dlouhá vzdálenost). Sportovci bez medailí měli výrazně nižší hodnoty maximálních sil, konkrétně  $1327 \pm 167$  N (krátká vzdálenost),  $1469 \pm 135$  N (střední vzdálenost) a  $1203 \pm 154$  N (dlouhá vzdálenost).

Na analýzu vybraných biomechanických parametrů podle výšky a vzdálenosti cíle se ve své studii zaměřili Estevan a Falco (2013). Měření probíhalo na 33 probandech, kteří byli rozděleni do dvou skupin na profesionální sportovce ( $n = 12$ ) a začátečníky ( $n = 21$ ). Kop byl prováděn ze tří vzdáleností (krátká, střední, dlouhá), která byla určena podle délky dominantní končetiny, dále byly určeny dvě výšky kopu, podle výšky hrudní kosti a brady jednotlivých probandů. Měřícím zařízením nárazových sil byla silová deska připevněná na figurínu v oblasti hrudní kosti a hlavy. Nárazové síly profesionálních sportovců (hmotnost  $77,9 \pm 10,3$ ) při kopu do oblasti hrudníku byly  $1543 \pm 442$  N (krátká vzdálenost),  $1222 \pm 555$  N (střední vzdálenost) a  $1258 \pm 456$  N (dlouhá vzdálenost) a při kopu na hlavu  $1453 \pm 276$  N (krátká vzdálenost),  $1407 \pm 403$  N (střední vzdálenost) a  $1282 \pm 348$  N (dlouhá vzdálenost). Začátečníci (hmotnost  $75,7 \pm 11,8$ ) dosahovali nižších výsledných hodnot, konkrétně  $1178 \pm 417$  N (krátká vzdálenost),  $1055 \pm 422$  N (střední vzdálenost) a  $874 \pm 354$  N (dlouhá vzdálenost) při kopu do oblasti hrudníku. Při kopu na hlavu  $1121 \pm 368$  N (krátká vzdálenost),  $1053 \pm 356$  N (střední vzdálenost) a  $864 \pm 361$  N (dlouhá vzdálenost).

Vliv vzdálenosti cíle na čas provedení a nárazové síly obloukového kopu a následné porovnání u profesionálních taekwondistů a začátečníků provedli Falco a kol. (2013). Studie se zúčastnilo 49 probandů, kteří byli dále rozděleni na muže (n = 35) a ženy (n = 14), podle zkušeností s taekwondem na profesionální sportovce (muži, n = 21 a ženy, n = 8) a začátečníky (muži, n = 22 a ženy, n = 6). Výsledky byly zpracovány pro výše zmíněné skupiny samostatně. Impaktní síly byly měřeny silovou deskou připevněnou na figuríně v oblasti hrudníku. Kop byl prováděn na tři vzdálenosti, které byly získány podle délky dolní končetiny probanda. Byly stanoveny tři vzdálenosti (střední na délku dolní končetiny, krátká zmenšená o 1/3 délky dolní končetiny a dlouhá zvětšená o 1/3 délky dolní končetiny). Nárazové síly mužů (krátká vzdálenost  $1451 \pm 622$  N, střední vzdálenost  $1075 \pm 576$  N a dlouhá vzdálenost  $1029 \pm 461$  N), byly výrazně vyšší než pro ženy (krátká  $798 \pm 238$  N, střední  $731 \pm 166$  N a dlouhá vzdálenost  $687 \pm 288$  N). Stejných výsledků bylo dosaženo při porovnání profesionálních sportovců (krátká vzdálenost  $1276 \pm 443$  N, střední vzdálenost  $1011 \pm 344$  N a dlouhá vzdálenost  $1038 \pm 383$  N) a začátečníků (krátká vzdálenost  $1101 \pm 538$  N, střední vzdálenost  $866 \pm 491$  N a dlouhá vzdálenost  $770 \pm 340$  N).

Estevan a kol. (2014) zkoumali účinnost a nárazové síly s reakčním časem 43 taekwondistů, kteří byli rozděleni na muže (n = 33) a ženy (n = 10). Probandi měli alespoň 4 roky závodních zkušeností. Kop byl prováděn na figurínu se silovou deskou ve výšce hrudníku na vzdálenost délky dolní končetiny probanda. Muži dosahovali výrazně vyšších hodnot nárazových sil ( $1277 \pm 504$  N), než ženy ( $883 \pm 263$  N).

Estevan a kol. (2012) ve své studii zkoumali vliv olympijských hmotnostních kategorií v taekwondu na obloukový kop na hlavu. Studie se zúčastnilo 36 probandů, kteří byli podle hmotnosti rozděleni do tří kategorií na sportovce muší hmotnosti (58 – 68 kg, n = 10), velterové hmotnosti (68 – 80 kg, n = 15) a těžké hmotnosti (nad 80 kg, n = 11), kteří měli minimálně čtyřletou praxí. Kop byl prováděn na silovou desku Flexiforce® připevněnou na figuríně, která byla nastavena podle výšky brady probanda. Dále byly určeny tři vzdálenosti kopu ( $0,68 \pm 0,05$  m krátká,  $1,03 \pm 0,07$  m střední,  $1,37 \pm 0,09$  m). Pro tuto práci byla vybrána nárazová síla. Sportovci muší hmotnosti dosáhli  $1157 \pm 396$  N pro krátkou vzdálenost,  $930 \pm 279$  N pro střední vzdálenost a  $850 \pm 288$  N pro dlouhou vzdálenost. Sportovci velterové hmotnosti  $1237 \pm 368$  N pro krátkou vzdálenost,  $1175 \pm 511$  N pro střední vzdálenost,

1102 ± 404 N pro dlouhou vzdálenost a sportovci těžké hmotnosti 1402 ± 643 N pro krátkou vzdálenost, 1464 ± 449 N pro střední vzdálenost a 1148 ± 647 N pro dlouhou vzdálenost. Studie ukázala výrazný vliv hmotnosti na nárazové síly.

### 4.3 Čas provedení, rychlost a úhlová rychlost přímého kopu

Grymanowski a kol. (2019) se zaměřili na kinetiku přímého kopu v muay thai. Studie se zúčastnil jeden proband (muž, 173 cm, 71 kg, 16 let tréninku). Kop byl prováděn ve dvou variantách (do vzduchu a na malý míč visící 90 cm nad zemí). Proband kopal levou a pravou nohou. Celý proces byl snímán kamerami BTSSMART DX 6000, které snímaly 22 markerů na těle probanda. Ve výsledcích byly naměřeny vyšší rychlosti chodidla při kopu do vzduchu (8,3 m/s), než na cíl (7,8 m/s).

Pozo a kol. (2011) ve své studii zkoumali čas provedení a kinematiku přímého kopu. Studie se zúčastnilo 17 probandů, kteří byli rozděleni do dvou skupin podle úrovně na 9 sportovců národní (NT) úrovně (8 mužů, 1 žena) a 8 mezinárodní (INT) úrovně (7 mužů, 1 žena). Pohyb byl snímán vysokorychlostní 2D kamerou, na zemi byly dvě silové desky, ze kterých probandi prováděli kop na silovou desku Kistler. Výsledky nerozlišovaly pohlaví účastníků. Výrazně kratších časů provedení kopu dosahovala INT skupina (0,993 ± 0,093 ms), NT skupina (1,139 ± 0,072 s). Dále byly měřeny úhlové rychlosti kolene ve flexi (INT 784°/s a NT 698°/s), úhlová rychlost flexe kyčle (INT 721°/s a NT 605°/s) a úhlová rychlost extenze kolene (INT 1029°/s a NT 961°/s). INT skupina tak dosahovala ve všech měřených parametrech lepších výsledků.

Vliv pohlaví, dominantní dolní končetiny a typ cíle na rychlost přímého kopu v taekwondu ve své studii zkoumal Wasik a kol. (2018). Studie se zúčastnilo 8 mužů a 6 žen s minimálně pětiletým tréninkem a dominantní pravou dolní končetinou. Výška cíle byla nastavena podle výšky probandů. Kop byl prováděn nejprve do vzduchu, na desku, malý míček a lapu. Pohyb byl snímán kamerami NIR VICON MX40. Marker byl připevněn na chodidlo. Muži dosahovali nejvyšších rychlostí při kopu do vzduchu (10,99 ± 1,19 m/s), kop na lapu (10,11 ± 1,33 m/s), následoval míč (9,81 ± 0,99 m/s) a deska (9,36 ± 0,89 m/s). Ženy dosáhly nejvyšší rychlost při kopu do vzduchu (8,60 ± 1,76 m/s), následovala lapa a deska (8,55 ± 1,65 m/s a 8,53 ± 1,32 m/s, respektive), jako poslední byl kop na malý míč (7,92 ± 2,17 m/s). U obou skupin byly kopy nedominantní nohou pomalejší. Hlavními faktory rychlosti kopu v této studii bylo pohlaví a dominantní noha.

Wasik a Góra (2016) se ve své studii zabývali vlivem různých cílů na rychlost přímého kopu. Studie se zúčastnil jeden taekwondista, který prováděl kop do vzduchu, míček na stolní tenis a lapu, dominantní a nedominantní nohou. Pohyb byl snímán kamerami NIR VICON MX40 (370 snímků za sekundu). V této studii byly měřeny rychlosti chodidla a kolene dominantní a nedominantní nohy. Nejvyšších rychlostí chodidla bylo dosaženo při kopu do vzduchu ( $12,25 \pm 0,18$  m/s dominantní,  $13,92 \pm 0,87$  m/s nedominantní), následovala lapa ( $11,17 \pm 0,34$  m/s dominantní,  $10,06 \pm 0,46$  m/s nedominantní) a míček na stolní tenis ( $10,27 \pm 0,29$  m/s dominantní,  $10,03 \pm 0,15$  m/s nedominantní). Nejvyšší rychlosti kolene bylo dosaženo při kopu na lapu ( $6,35 \pm 0,14$  m/s dominantní,  $5,42 \pm 0,24$  m/s nedominantní) a do vzduchu ( $6,32 \pm 0,06$  m/s dominantní,  $5,81 \pm 0,11$  m/s nedominantní) a kop na míček ( $6,07 \pm 0,05$  m/s dominantní,  $5,32 \pm 0,14$  m/s nedominantní). Dominantní nohou byly kopy prováděny vyšší rychlostí, stejně tak při kopu do vzduchu. Naopak nejnižších rychlostí bylo dosaženo při kopu na malý cíl (míček na stolní tenis).

Vencesbrito a kol. (2014) se ve své studii zabývali kinematikou a neuromuskulárními kontrolními vzorci při provádění přímého kopu na statický cíl. Studie se zúčastnilo 14 karatistů (K, 2 dan) a 16 studentů bez předchozí zkušenosti s karate (NK). Pohyb probandů byl snímán vysokorychlostní kamerou Casio EX-FH20 (210 Hz) a bylo použito 5 markerů připevněných na dolní končetině. Pro tuto práci byl vybrán rozsah pohybu (K  $61 \pm 25^\circ$ , NK  $74 \pm 29^\circ$  kyčel, K  $41^\circ \pm 10^\circ$ , NK  $49 \pm 9,2^\circ$  koleno, K  $23^\circ \pm 25^\circ$ , NK  $54 \pm 29^\circ$  kotník) a úhly při kontaktu s cílem (K  $69^\circ \pm 26^\circ$ , NK  $54^\circ \pm 28^\circ$  kyčel, K  $131^\circ \pm 8^\circ$ , NK  $129^\circ \pm 8^\circ$  koleno, K  $98^\circ \pm 9^\circ$ , NK  $90^\circ \pm 5^\circ$  kotník) dále pak rychlost pohybu (K  $2,3 \pm 0,5$  ms, NK  $2,1 \pm 0,3$  ms kyčel, K  $5,8 \pm 0,7$  ms, NK  $5,3 \pm 0,8$  ms koleno, K  $8,1 \pm 0,9$  ms, NK  $7,7 \pm 1,2$  ms kotník). Karatisté měli výrazně menší extenzi kolene, úhel při kontaktu se lišil pouze pro úhly naměřené u kotníku.

Wasik a kol. (2019) ve své studii zkoumali vliv pohlaví na rychlost přímého kopu v taekwondu. Studie se zúčastnilo 8 mužů a 6 žen. Probandi prováděli kop do vzduchu, na lapu a míček na stolní tenis. Výška cíle byla upravena podle výšky probanda. Pohyb byl snímán kamerami NIR VICON MX-T40 (370 snímků za sekundu). Markery byly umístěny na chodidle. Nejvyšší rychlosti byly naměřeny při provedení do vzduchu ( $10,78 \pm 1,32$  m/s muži,  $8,51 \pm 1,50$  m/s ženy), následoval kop na míček ( $9,98 \pm 1,40$  m/s muži,  $8,28 \pm 1,59$  m/s ženy) a na lapu ( $9,63 \pm 0,93$  m/s muži,  $7,73 \pm 2,01$  m/s ženy).



Vágner a kol. (2018) zkoumali vliv vojenské obuvi na dynamiku přímého kopu. Z hlediska kinematiky byl vybrán pro tuto část práce čas dosažení maximální síly. Studie se zúčastnilo 6 vojáků, kteří prováděli 8 kopů s vojenskou obuví a 8 kopů bosou nohou. Kop byl prováděn na silovou desku Kistler 9281 (1000 Hz). Čas dosažení maximální síly bylo dosaženo výrazně rychleji v obuvi ( $39 \pm 16$  ms), než bosou nohou ( $56 \pm 8$  ms).

Zvonar a kol. (2012) si za cíl práce zvolili popis možností kinematické analýzy v oblasti bojových sportů. Pro tento cíl si zvolili přímý kop a jeho jednotlivé fáze. Studie se zúčastnili muž (karate/shotokan) a žena (aikibudo). Kinematická analýza byla prováděna pomocí SIMI systému. Pro účely této práce byl vybrán čas provedení kopu (muž 0,851 s, žena 1,118 s).

Branco a kol. (2019) se zabývali vlivem věku na kinematiku dolní končetiny v karate. Studie se zúčastnilo 9 veteránů (VK,  $54 \pm 3,9$  let) a 24 mladých karatistů (YK  $23 \pm 5,8$  let), kteří prováděli přímý kop na tréninkový pytel ve vzdálenosti dolní končetiny. Pohyb snímaly kamery Casio EX-FH20 (210 Hz). Probandi měli na dolní končetině připevněno 5 markerů. Pro tuto práci byla vybrána maximální lineární rychlost kyčle (YK  $2,28 \pm 0,57$  m/s, VK  $2,08 \pm 0,40$  m/s), kolene (YK  $5,85 \pm 1,07$  m/s, VK  $5,54 \pm 0,68$  m/s), kotníku (YK  $8,46 \pm 1,45$  m/s, VK  $8,45 \pm 0,96$  m/s) a přední části chodidla (YK  $9,08 \pm 1,67$  m/s, VK  $8,83 \pm 1,11$  m/s), maximální úhly kyčle (YK  $135,04^\circ \pm 9,35^\circ$ , VK  $133,11^\circ \pm 4,23^\circ$ ), kolene (YK  $175,40^\circ \pm 6,16^\circ$ , VK  $171,13^\circ \pm 6,05^\circ$ ) a kotníku (YK  $123,44^\circ \pm 17,29^\circ$ , VK  $121,64^\circ \pm 18,99^\circ$ ), rozsah pohybu kyčle (YK  $62,47^\circ \pm 22,87^\circ$ , VK  $62,54^\circ \pm 18,88^\circ$ ), kolene (YK  $105,64^\circ \pm 11,73^\circ$ , VK  $95,82^\circ \pm 5,50^\circ$ ) a kotníku (YK  $36,96^\circ \pm 17,81^\circ$ , VK  $33,77^\circ \pm 17,28^\circ$ ), úhlové rychlosti kyčle (YK  $340,28 \pm 295,68$  °/s, VK  $196,80 \pm 161,20$  °/s), kolene (YK  $849,30 \pm 174,30$ °/s, VK  $800,28 \pm 60,81$ °/s) a kotníku (YK  $277,67 \pm 162,41$ °/s, VK  $231,23 \pm 122,48$ °/s). Dále byly vybrány časy dosažení maximální úhlové rychlosti kyčle (YK  $565 \pm 261$  ms, VK  $632 \pm 237$  ms), kolene (YK  $497 \pm 70$  ms, VK  $540 \pm 62$  ms) a kotníku (YK  $520 \pm 188$  ms, VK  $577 \pm 136$  ms).

Vágner a kol. (2018) ve své práci zkoumali vliv nesené balistické a zátěžové vesty na kinetiku přímého kopu. Studie se zúčastnilo 5 vojáků ( $22,2 \pm 1,5$  let,  $78,8 \pm 5,8$  kg,  $180,6 \pm 4,8$  cm), kteří prováděli šest přímých kopů s vlastní hmotností (NV), 12kg balistickou vestou (BV) a 12kg zátěžovou vestou (WV). Kop byl prováděn na siloměrnou desku Kistler 9281 (1000 Hz), jejíž výšce středu těla. Z hlediska

kinematiky byly vybrány časy dosažení maximální síly, který byl pro BV ( $14,25 \pm 4,24$  ms), v porovnání s WV ( $13,00 \pm 3,96$  ms) a NV ( $14,02 \pm 6,71$  ms).

Na stanovení regresního modelu mezi výkonem při kopu a isokinetickým vrcholem momentu kyčelních rotátorů, flexorů a extenzorů a flexorů kyčle při různých rychlostech kontrakce se zaměřili Vágner a kol. (2019). Studie se zúčastnilo 25 vojáků ( $27,7 \pm 7,2$  let,  $83,8 \pm 6,1$  kg,  $180,5 \pm 6,5$  cm), kteří prováděli kop na siloměrnou desku Kistler (1000 Hz).. Kinematické údaje byly měřeny pomocí kamer systému analýzy pohybu Qualisys 2.2. Pro tuto práci byla vybrána průměrná rychlost kopu ( $7,7 \pm 1,03$  m/s).

Vágner a kol. (2020) měli za cíl studie znalosti o účincích nošení balistické vesty a batohu na maximální rychlost a dynamické síly během přímého kopu. Studie se zúčastnilo 25 vojáků ( $27,7 \pm 7,2$  let,  $83,8 \pm 6,1$  kg,  $180,5 \pm 6,5$  cm), kteří prováděli přímý kop bez zátěže (NL), s 30kg zátěží (WG) složená z vojenské obuvi a zbraně (3 kg), balistické vesty (12 kg) a batohu (15 kg), na vzdálenost, kterou si určil individuálně každý proband. Kinematické proměnné byly měřeny pomocí kamer systému pro analýzu pohybu Qualisys (500 Hz), která byla synchronizována se siloměrnou deskou Kistler. Pro tuto práci byl vybrán čas dosažení maximální síly (NL  $12,1 \pm 4,7$  ms, WL  $10,9 \pm 2,4$  ms). Dále pak průměrné maximální rychlosti chodidla (NL  $7,72 \pm 1,12$  m/s, WL  $7,71 \pm 1,05$  m/s) a kolene (NL  $5,33 \pm 0,83$  m/s, WL  $5,06 \pm 0,82$  m/s). Vysoká míra korelace byla zjištěna pro maximální rychlosti chodidla a kolene.

Vágner a kol. (2021) měli za cíl najít kinematické determinanty dynamiky předního kopu napříč různými úrovněmi výkonu a zátěže. Studie se zúčastnilo 24 mužů vojenského personálu, rozdělení na profesionální (ET) a sub-professional (SET), kteří prováděli přímé kopy bosou nohou (NL), v 2kg vojenské obuvi a 3kg zbraní (WL1), ve vojenské obuvi, se zbraní a 10kg balistickou vestou (WL2), ve vojenské obuvi, se zbraní, balistickou vestou a 15kg batohem (WL3) a ve vojenské obuvi, se zbraní, balistickou vestou a 30kg batohem (WL4). Kop byl prováděn na siloměrnou desku Kistler a kinematická data byla získávána pomocí kamer systému snímání pohybu Qualisys (200 Hz). Probandi měli na dolní končetině připevněny reflexní markery. Cíl byl ve vzdálenosti, určené každým probandem individuálně. Pro tuto práci byl vybrán čas dosažení maximální síly (SET NL  $0,011 \pm 0,005$  ms, WL1  $0,009 \pm 0,002$  ms, WL2  $0,009 \pm 0,002$  ms, WL3  $0,011 \pm 0,003$  ms, WL4  $0,009 \pm 0,002$  ms;

ET  $0,012 \pm 0,005$  ms, WL1  $0,011 \pm 0,004$  ms, WL2  $0,012 \pm 0,005$  ms, WL3  $0,011 \pm 0,001$  ms, WL4  $0,012 \pm 0,003$  ms) a čas trvání nárazu (SET NL  $0,166 \pm 0,063$  ms, WL1  $0,160 \pm 0,062$  ms, WL2  $0,174 \pm 0,074$  ms, WL3  $0,186 \pm 0,095$  ms, WL4  $0,212 \pm 0,083$  ms; ET NL  $0,143 \pm 0,033$  ms, WL1  $0,134 \pm 0,021$  ms, WL2  $0,144 \pm 0,025$  ms, WL3  $0,149 \pm 0,030$  ms, WL4  $0,173 \pm 0,042$  ms). Dále pak rychlosti chodidla (SET NL  $7,1 \pm 0,92$  m/s, WL1  $7,3 \pm 0,85$  m/s, WL2  $7,7 \pm 1,06$  m/s, WL3  $7,3 \pm 1,20$  m/s, WL4  $7,2 \pm 1,09$  m/s; ET NL  $8,2 \pm 0,92$  m/s, WL1  $8,0 \pm 0,64$  m/s, WL2  $8,4 \pm 0,85$  m/s, WL3  $8,2 \pm 0,73$  m/s, WL4  $8,0 \pm 0,72$  m/s), rychlosti kolene (SET NL  $5,0 \pm 0,58$  m/s, WL1  $4,7 \pm 0,36$  m/s, WL2  $4,9 \pm 0,54$  m/s, WL3  $4,9 \pm 0,46$  m/s, WL4  $4,8 \pm 0,46$  m/s; ET NL  $5,6 \pm 0,10$  m/s, WL1  $5,6 \pm 0,91$  m/s, WL2  $5,7 \pm 0,66$  m/s, WL3  $5,3 \pm 1,09$  m/s, WL4  $5,5 \pm 0,74$  m/s), rychlosti kyčle (SET NL  $2,5 \pm 0,38$  m/s, WL1  $2,3 \pm 0,50$  m/s, WL2  $2,2 \pm 0,42$  m/s, WL3  $2,1 \pm 0,49$  m/s, WL4  $1,8 \pm 0,23$  m/s; ET NL  $2,8 \pm 0,74$  m/s, WL1  $2,6 \pm 0,52$  m/s, WL2  $2,6 \pm 0,34$  m/s, WL3  $2,3 \pm 0,51$  m/s, WL4  $2,2 \pm 0,31$  m/s), rychlosti ramene (SET NL  $1,4 \pm 0,34$  m/s, WL1  $1,3 \pm 0,26$  m/s, WL2  $1,2 \pm 0,20$  m/s, WL3  $1,2 \pm 0,8$  m/s, WL4  $1,0 \pm 0,15$  m/s; ET NL  $1,5 \pm 0,36$  m/s, WL1  $1,6 \pm 0,28$  m/s, WL2  $1,6 \pm 0,29$  m/s, WL3  $1,4 \pm 0,30$  m/s, WL4  $1,4 \pm 0,33$  m/s) a úhlové rychlosti kolene (SET NL  $896 \pm 184$  rad/s, WL1  $958 \pm 123$  rad/s, WL2  $1026,5 \pm 143,8$  rad/s, WL3  $1076 \pm 137,4$  rad/s, WL4  $1099 \pm 132$  rad/s; ET NL  $985 \pm 207$  rad/s, WL1  $1056 \pm 149$  rad/s, WL2  $1107,6 \pm 157,8$  rad/s, WL3  $1159,2 \pm 152,9$  rad/s, WL4  $1160 \pm 133$  rad/s) a úhlové rychlosti kyčle (SET NL  $521 \pm 121$  rad/s, WL1  $511 \pm 105$  rad/s, WL2  $459,2 \pm 111,9$  rad/s, WL3  $418,7 \pm 84$  rad/s, WL4  $392 \pm 61$  rad/s; ET NL  $528 \pm 100$  rad/s, WL1  $531 \pm 88$  rad/s, WL2  $479 \pm 68,4$  rad/s, WL3  $455,6 \pm 69$  rad/s, WL4  $412 \pm 82$  rad/s). Jako poslední byl vybrán čas kopu (SET NL  $1,140 \pm 0,221$  s, WL1  $1,282 \pm 0,226$  s, WL2  $1,276 \pm 0,211$  s, WL3  $1,258 \pm 0,203$  s, WL4  $1,269 \pm 0,211$  s; ET NL  $1,097 \pm 0,132$  s, WL1  $1,163 \pm 0,127$  s, WL2  $1,163 \pm 0,101$  s, WL3  $1,169 \pm 0,154$  s, WL4  $1,244 \pm 0,185$  s).

#### 4.4 Čas provedení, rychlost a úhlová rychlost obloukového kopu

Young a kol. (2011) ve své studii zkoumali kinematiku kopající nohy a roli mezikloubní koordinace na rychlost pěti kopů v taekwondu. Studie se zúčastnilo 12 elitních taekwondistů s více než sedmiletou praxí. Kinematika kopu byla zaznamenávána pomocí šesti kamer (Hawk® Digital Real Time Sytem) s frekvencí 200 Hz. Probandi měli na dolní končetině 29 reflexních markerů. Pro tuto studii byl vybrán pouze obloukový kop, který byl prováděn na lapu. Ve studii byla zjištěna čas

provedení ( $0,26 \pm 0,01$  s), maximální rychlost ( $14,7 \pm 1,3$  m/s) a rychlost před nárazem ( $10,6 \pm 1,6$  m/s). Dále byly měřeny rozsahy pohybu, konkrétně flexe a extenze kyčle ( $56,6^\circ \pm 9,6^\circ$ ), abdukce kyčle ( $26,3^\circ \pm 9,1^\circ$ ), vnitřní a vnější rotace kyčle ( $37,1^\circ \pm 7,9^\circ$ ), jako poslední byla pro tuto práci vybrána flexe a extenze kolene ( $95,5^\circ \pm 11,3^\circ$ ).

Kinematickou analýzou pěti nejpoužívanějších kopů v taekwondu a jejich potencionálně úspěšným provedením v soutěži se zabýval Falco a kol. (2011). Studie se zúčastnilo 8 mužů ze španělského národního týmu. Pohyb byl snímán třemi kamerami Casio HD (300 Hz) a kop byl prováděn na hlavu figuríny (Hybrid II Crash Dummy). Každý proband měl na nártu dva markery. Pro tuto práci byl vybrán pouze obloukový kop, u kterého se měřil reakční čas ( $0,281 \pm 0,061$  s), čas provedení ( $0,460 \pm 0,095$  s) a celkový čas kopu ( $0,740 \pm 0,086$  s).

Gavagan a Sayers (2017) se ve své studii zaměřili na biomechanickou analýzu techniky obloukového kopu profesionálních sportovců muay thai (MT), karate (K) a taekwondo (T) s jejich následným porovnáním. Studie se zúčastnilo 24 probandů ( $n = 8$  pro každé bojové umění), kteří měli na dolní končetině, pánvi a bocích připevněny markery. Pohyb byl snímán sedmi kamerami Qualisys Motion Capture System (500 Hz). Kop byl prováděn na podložku připevněnou na kovovou desku ve výšce spánkové kosti jednotlivých účastníků. Pro tuto práci byl vybrán čas provedení (MT  $1,02 \pm 0,15$  s, K  $1,29 \pm 0,28$  s, T  $1,54 \pm 0,52$  s), maximální lineární rychlost chodidla (MT  $13,24 \pm 2,30$  m/s, K  $13,66 \pm 1,06$  m/s, T  $14,66 \pm 1,18$  m/s) a maximální lineární rychlosti chodidla před nárazem (MT  $7,22 \pm 1,47$  m/s, K  $5,57 \pm 0,80$  m/s, T  $6,36 \pm 0,89$  m/s). Dále byla vybrána maximální flexe kolene (MT  $99^\circ \pm 11^\circ$ , K  $99^\circ \pm 6^\circ$ , T  $96^\circ \pm 2^\circ$ ), flexe kolene při nárazu (MT  $43^\circ \pm 7^\circ$ , K  $15^\circ \pm 6^\circ$ , T  $16^\circ \pm 10^\circ$ ), flexe kyčle při nárazu (MT  $25^\circ \pm 31^\circ$ , K  $39^\circ \pm 12^\circ$ , T  $35^\circ \pm 30^\circ$ ) a abdukce kyčle při nárazu (MT  $53^\circ \pm 3^\circ$ , K  $50^\circ \pm 7^\circ$ , T  $51^\circ \pm 4^\circ$ ) a maximální úhlové rychlosti kolene v extenzi (MT  $-706 \pm 200^\circ/s$ , K  $-947 \pm 94^\circ/s$ , T  $-943 \pm 106^\circ/s$ ), pánve ve flexi (MT  $281 \pm 135^\circ/s$ , K  $250 \pm 72^\circ/s$ , T  $341 \pm 162^\circ/s$ ), pánve v abdukci (MT  $-330 \pm 46^\circ/s$ , K  $262 \pm 79^\circ/s$ , T  $-329 \pm 45^\circ/s$ ) a pánve v addukci (MT  $12 \pm 38^\circ/s$ , K  $48 \pm 87^\circ/s$ , T  $95 \pm 84^\circ/s$ ). Mezi muay thai a ostatními bojovými uměními byly výrazné rozdíly maximálních úhlových rychlostí pánve, kyčelního a kolenního kloubu, stejně tak při orientaci kloubů při nárazu.

Kinematickou analýzou dolní končetiny v průběhu obloukového kopu u začátečníků v muay thai se zabýval Chinnasee a kol. (2017). Studie se zúčastnilo

15 probandů, kteří prováděli obloukový kop dominantní a nedominantní nohou. Měřícím zařízením byl systém analýzy pohybu Vicon T10s (100 Hz). Probandi měli na dolní končetině připevněno 29 reflexních markerů. Kop byl prováděn na lapu ve výšce středu těla probanda. Pro tuto práci byly vybrány úhly kolene ve flexi a extenzi ( $20,57^\circ \pm 14,67^\circ$  dominantní,  $18,14^\circ \pm 10,37^\circ$  nedominantní), rozdíl úhlů kolene v abdukci / addukci ( $-1,03^\circ \pm 5,21^\circ$  dominantní,  $5,31^\circ \pm 12,39^\circ$  nedominantní) a úhly kyčle ve flexi / extenzi ( $50,87^\circ \pm 28,71^\circ$  dominantní,  $49,72^\circ \pm 27,30^\circ$  nedominantní) a úhly kyčle v abdukci / addukci ( $-10,72^\circ \pm 21,23^\circ$  dominantní,  $-20,54^\circ \pm 11,63^\circ$  nedominantní). Dále byla vybrána úhlová rychlost kolene ve flexi ( $-959,46 \pm 302,13^\circ/\text{s}$  dominantní,  $-626,40 \pm 324,83^\circ/\text{s}$  nedominantní), úhlová rychlost kyčle ve flexi ( $496,32 \pm 102,89^\circ/\text{s}$  dominantní,  $302,52 \pm 104,93^\circ/\text{s}$  nedominantní) a lineární rychlosti kotníku směrem vpřed ( $6,49 \pm 1,61$  m/s dominantní,  $5,96 \pm 0,86$  m/s nedominantní), laterálně ( $7,92 \pm 1,48$  m/s dominantní,  $4,48 \pm 2,17$  m/s nedominantní) a směrem nahoru ( $5,38 \pm 0,48$  m/s dominantní,  $4,20 \pm 1,16$  m/s nedominantní). Nebyly nalezeny výraznější rozdíly mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou v úhlech. Dominantní dolní končetina měla výrazně vyšší rychlosti kolene ve flexi, rychlosti kyčle ve flexi, laterální rychlosti kotníku a rychlosti kotníku směrem nahoru.

Estevan a kol. (2015) se zabývali porovnáním kinematiky dolní končetiny obloukového kopu v taekwondu. Studie se zúčastnilo 10 mužů a 10 žen s minimálně osmiletou zkušeností s bojovým uměním. Probandi prováděli kop ze dvou silových desek Kistler 9286AA (1200 Hz), pohyb byl snímán osmi kamerami systémem snímání pohybu Qualisys (240 Hz). Probandi měli na dolní končetině připevněno 24 reflexních markerů a kopali na cíl v úrovni hrudní kosti. Pro tuto práci byl vybrán čas dosažení maximální rychlosti jednotlivých segmentů (stehno  $0,604 \pm 0,092$  s, holeň  $0,620 \pm 0,108$  s, chodidlo  $0,705 \pm 0,100$  s) a maximální rychlost (stehno  $4,00 \pm 0,58$  m/s, holeň  $7,02 \pm 0,65$  m/s, chodidlo  $11,90 \pm 1,38$  m/s). V průběhu kopu byly zjištěny nižší rychlosti u proximálních segmentů dolní končetiny, než u distálních segmentů, které však dosahovaly maximální rychlosti později.

Kong a kol. (2000) se zabývali rozdílem mezi obloukovým kopem v taekwondu prováděným přední a zadní nohou. Studie se zúčastnilo 8 taekwondistů (1. dan a výše) bantamové hmotnosti (58 – 64 kg), kteří měli na svém těle připevněny reflexivní markery. Měření bylo zajištěno akcelerometrem, a dvěma kamerami (120 Hz). Kop byl prováděn do výšky pasu na tréninkový pytel. Pro tuto práci byla vybrána čas provedení

(přední noha  $0,73 \pm 0,10$  s, zadní noha  $0,83 \pm 0,09$  s), maximální úhlová rychlost kolene v extenzi (přední noha  $913,29 \pm 308,25^\circ/\text{s}$ , zadní noha  $872,04 \pm 332,32^\circ/\text{s}$ ), maximální úhel kolene (přední noha  $165,01^\circ \pm 13,75^\circ$ , zadní noha  $164,43^\circ \pm 8,02^\circ$ ) a rozsah pohybu kolene (přední noha  $67,60^\circ \pm 22,91^\circ$ , zadní noha  $64,17^\circ \pm 17,62^\circ$ ). Kop prováděn přední nohou byl proveden rychleji. Provedení zadní nohou však generuje vyšší kinetickou energii.

Lee (2001) se zaměřil na vliv výšky cíle na kinematiku obloukového kopu v taekwondu a hapkidu. Studie se zúčastnilo 10 probandů. Pohyb byl snímán kamerami High speed 220 (100 Hz). Segmenty byly snímány pomocí systému pro snímání pohybu APAS. Určeny byly tři výšky cíle (0,8 m, 1,2 m a 1,6 m). Vybrán byl čas provedení (taekwondo 0,19 s, 0,21 s, 0,23, respektive, hapkido 0,21 s, 0,24 s, 0,25 s, respektive) a rychlost kotníku (taekwondo 14 m/s, 13,8 m/s, 12 m/s, respektive, hapkido 14,8 m/s, 15,8 m/s, 14,8 m/s, respektive).

Vliv fyzického cíle na kinematiku a generování síly obloukového kopu v taekwondu zkoumali Wasik a Shan (2015). Studie se zúčastnilo 5 mužů a 1 žena s minimálně čtyřletou zkušeností, kteří tvořili jednu skupinu. Ke snímání pohybu byl použit Smart-D systém (120 Hz). Probandi měli na dolní končetině reflexní markery. Kop byl prováděn do vzduchu a na plastovou desku. V této studii byly analyzovány tři směry pohybu (osy x, y, z) chodidla a kolene a čas provedení kopu. Nejvyšší rychlost chodidla byla naměřena při kopu do vzduchu na ose x ( $14,61 \pm 0,67$ ) a nejvyšší rychlost kolene na ose z ( $7,35 \pm 0,51$  m/s). Při kopech na desku bylo nejvyšší rychlosti chodidla dosaženo opět na ose x ( $10,61 \pm 0,86$  m/s) a rychlost kolene na ose x ( $5,79 \pm 0,14$  m/s). Čas provedení byl kratší při kopu na desku ( $0,48 \pm 0,01$  s), než na kop bez fyzického cíle ( $0,57 \pm 0,01$  s). V této studii bylo zjištěno negativní ovlivnění rychlosti při kopu na fyzický cíl.

Na strukturu obloukového kopu na příkladu evropského šampiona v taekwondu se zaměřil Wasik (2010). Účastníkem studie byl 17letý závodník (hmotnost 75 kg, výška 179 cm). Analýza pohybu byla prováděna Smart-D systémem a snímána kamerami s frekvencí 120 Hz. Proband měl na těle připevněny reflexní markery. Proband si výšku kopu stanovil podle svých schopností. Pro tuto práci byl vybrán čas provedení (0,75 s), maximální úhel kolene ( $128,60^\circ$ ).

Vlivem vzdálenosti na čas a impaktní síly při obloukovém kopu v taekwondu se zabýval Falco a kol. (2009). Studie se zúčastnilo 31 taekwondistů ve věkovém rozpětí

16 až 31 let, kteří byli dále rozděleni do dvou skupin podle soutěžních zkušeností na profesionální sportovce ( $n = 15$ ) a začátečníky ( $n = 16$ ). Kop byl prováděn na figurínu a nejdříve byly provedeny dva pokusy pro každou ze tří různých vzdáleností (6 pokusů), které byly zaznamenány s ohledem na délku nohy probandů (vzdálenost 3, střední vzdálenost), respektive přidání 1/3 délky nohy (vzdálenost 2, velká vzdálenost) a 1/3 délky nohy (vzdálenost 1, krátká vzdálenost). Cílová oblast byla upravena podle výšky břicha subjektů. Z hlediska kinematiky byly vybrány časy provedení kopu pro jednotlivé vzdálenosti. Profesionální sportovci naměřili 0,226 s pro krátkou, 0,239 s pro střední a 0,297 s pro dlouhou vzdálenost. Začátečníci 0,285 s pro krátkou, 0,279 s pro střední a 0,387 s pro dlouhou vzdálenost. Časy provedení kopu byly kratší u profesionálních sportovců ve všech měřených vzdálenostech.

Estevan a kol. (2011) se ve své studii zaměřili na analýzu nárazových sil a času ovlivněných vzdáleností při provádění obloukového kopu na hlavu v taekwondu. Studie se účastnilo 27 taekwondistů, kteří byli rozděleni do dvou skupin podle výsledků v oficiálních soutěžích na 13 medailistů (M) a 14 sportovců bez medaile (NM). Kop byl prováděn na silovou desku, připevněnou na figurínu a výška cíle byla nastavena podle výšky brady sportovce. Vzdálenosti byly rozděleny podle délky dolní končetiny (střední vzdálenost), respektive přidání 1/3 délky dolní končetiny (dlouhá vzdálenost), 2/3 délky nohy pak představovalo krátkou vzdálenost. Pro tuto práci byl vybrán čas provedení kopu (krátká vzdálenost M  $0,248 \pm 0,012$  s, NM  $0,295 \pm 0,013$  s, střední vzdálenost M  $0,287 \pm 0,023$  s, NM  $0,327 \pm 0,024$  s, dlouhá vzdálenost M  $0,316 \pm 0,018$  s, NM  $0,385 \pm 0,019$  s) a čas dosažení maximální síly kopu (krátká vzdálenost M  $0,023 \pm 0,001$  s, NM  $0,022 \pm 0,001$  s, střední vzdálenost M  $0,023 \pm 0,001$  s, NM  $0,024 \pm 0,002$  s, dlouhá vzdálenost M  $0,026 \pm 0,002$  s, NM  $0,029 \pm 0,002$  s). Medailisté naměřili kratší časy provedení pro všechny měřené vzdálenosti. Čas nárazu od prvního kontaktu se siloměrnou deskou do maximální síly obou skupin byl podobný.

Kim a kol. (2011) ve své studii zkoumali mezikloubní koordinaci na produkování rychlosti v kopech v taekwondu. Studie se účastnilo 12 taekwondistů s více než sedmiletými zkušenostmi se sportem. Kinematika byla měřena pomocí kamer systému snímání pohybu Hawk (200 Hz). Probandi měli na těle připevněny reflexní markery. Pro tuto práci byl vybrán čas provedení obloukového kopu ( $0,26 \pm 0,1$  s), maximální rychlost kopu ( $14,7 \pm 1,3$  m/s), rychlost dosažená před nárazem ( $10,6 \pm 1,6$  m/s) a rozsahy pohybu kyčle mezi flexí / extenzí ( $56,6 \pm 9,6^\circ$ ), kyčle

v abdukci / addukci ( $26,3 \pm 9,1^\circ$ ), vnitřní / vnější rotace kyčle ( $37,1 \pm 7,9^\circ$ ) a kolene ve flexi / extenzi ( $95,5 \pm 11,3^\circ$ ).

Vlivem počáteční stojné polohy na kinetiku dolních končetin při obloukovém kopu v taekwondu se zabýval Jandacka a kol. (2013). Studie se účastnilo 10 probandů (5 mužů, 5 žen, 5 probandů s dominantní pravou a 5 dominantní levou nohou) s dlouholetými zkušenostmi se sportem ( $13,8 \pm 5,8$  let). Kinematika kopu byla měřena kamerami Qualisys (247 Hz) a kop byl prováděn na zavěšenou pěnovou kouli ze tří stojných poloh (přímá  $0^\circ$ , diagonální  $45^\circ$  a kolmá  $90^\circ$ , vytočení kopající nohy směrem k cíli). Probandi měli na těle 26 reflexních markerů. Pro tuto práci byla vybrána rychlost chodidla ( $11,82 \pm 1,40$  m/s stojná poloha  $0^\circ$ ,  $11,89 \pm 1,36$  m/s stojná poloha  $45^\circ$  a  $11,98 \pm 1,15$  m/s stojná poloha  $90^\circ$ ) a čas provedení kopu ( $0,360 \pm 0,065$  s stojná poloha  $0^\circ$ ,  $0,361 \pm 0,079$  s stojná poloha  $45^\circ$  a  $0,360 \pm 0,078$  s stojná poloha  $90^\circ$ ). Počáteční poloha stojné nohy neovlivnila maximální rychlost útočné nohy ani čas provedení.

Diniz a kol. (2018) porovnávali kinematiku obloukového kopu mezi bojovými uměními taekwondo, karate a muay thai. Studie se účastnilo 47 probandů národní úrovně (17 taekwondo, 15 karate, 15 muay thai), kteří si individuálně volili vzdálenost cíle. Kinematické údaje byly získávány pomocí šesti kamer Vicon Motion Capture Systém (200 Hz). Probandi měli na těle připevněno 36 reflexních markerů. Pro tuto práci byla vybrána průměrná a maximální lineární rychlost 5. metatarsu (taekwondo  $3,83 \pm 0,59$  m/s, karate  $4,31 \pm 0,62$  m/s, muay thai  $3,34 \pm 0,7$  m/s, respektive  $7,96 \pm 1,18$  m/s,  $9,21 \pm 1,22$  m/s,  $6,93 \pm 1,4$  m/s), průměrná a maximální úhlová rychlost kyčle (taekwondo  $80,04 \pm 32,30^\circ/s$ , karate  $70,62 \pm 19,31^\circ/s$ , muay thai  $103,26 \pm 33,07^\circ/s$ , respektive  $167,45 \pm 38,36^\circ/s$ ,  $141,64 \pm 39,90^\circ/s$ ,  $219,38 \pm 53,84^\circ/s$ ) a průměrná a maximální úhlová rychlost kolene (taekwondo  $63,49 \pm 36,76^\circ/s$ , karate  $78,18 \pm 44,69^\circ/s$ , muay thai  $71,40 \pm 38,97^\circ/s$ , respektive  $141,74 \pm 73,24^\circ/s$ ,  $182,98 \pm 91,55^\circ/s$ ,  $162,94 \pm 81,57^\circ/s$ ). Nejvyšších průměrných i maximálních rychlostí 5. metatarsu dosahovali karatisté. V muay thai byly naměřeny výrazně vyšší obě úhlové rychlosti kyčle.

Detjareny a kol. (2012) ve své studii zkoumali kinematické rozlišení obloukového kopu mezi národním a mládežnickým národním thajským týmem v taekwondu. Studie se účastnilo 5 národních (NA) a 5 mládežnických (YA) sportovců, kteří si sami určili vzdálenost a výšku cíle. Měření probíhalo pomocí kamer



a DAQ NI USB-6008 (100 Hz). Probandi měli na dominantní noze 19 reflexních markerů. Pro tuto práci byla vybrána maximální úhlová rychlost kyčle (NA  $282,7 \pm 26,2^\circ/\text{s}$ , YA  $259,1 \pm 39,2^\circ/\text{s}$ ), kolene (NA  $-797,9 \pm 136,3^\circ/\text{s}$ , YA  $-874,3 \pm 85,2^\circ/\text{s}$ ) a kotníku (NA  $-401,6 \pm 59,9^\circ/\text{s}$ , YA  $-416,8 \pm 35,6^\circ/\text{s}$ ) a maximální lineární rychlost chodidla (NA  $7,36 \pm 1,02 \text{ m/s}$ , YA  $8,16 \pm 0,7 \text{ m/s}$ ). Mezi oběma skupinami nebyly kromě lineární rychlosti chodidla zjištěny výraznější rozdíly v měřených proměnných.

Na analýzu vybraných biomechanických parametrů podle výšky a vzdálenosti cíle se ve své studii zaměřili Estevan a Falco (2013). Měření probíhalo na 33 probandech, kteří byli rozděleni do dvou skupin na profesionální sportovce ( $n = 12$ ) a začátečníky ( $n = 21$ ). Kop byl prováděn ze tří vzdáleností (krátká, střední, dlouhá) na figurínu, kde byla určena vzdálenost podle délky dominantní končetiny, dále byly určeny dvě výšky kopu, podle výšky hrudní kosti a brady jednotlivých probandů. Pro tuto práci byl z hlediska kinematiky vybrán čas provedení kopu, který byl měřen od počátku kopu po náraz, pomocí piezorezistivních tlakových senzorů a silové desky. Nebyly naměřeny výrazné rozdíly v době provedení kopu mezi skupinami v závislosti na výšce cíle. U profesionálních sportovců byly naměřeny hodnoty při kopu do výšky hrudníku  $0,238 \pm 0,075 \text{ s}$  na krátkou vzdálenost,  $0,275 \pm 0,081 \text{ s}$  na střední vzdálenost a  $0,311 \pm 0,063 \text{ s}$  na dlouhou vzdálenost. Při kopu na hlavu pak  $0,287 \pm 0,077 \text{ s}$  na krátkou vzdálenost,  $0,283 \pm 0,043 \text{ s}$  na střední vzdálenost a  $0,330 \pm 0,059 \text{ s}$  na dlouhou vzdálenost. Skupina začátečníků provedla kop do výšky hrudníku na krátkou vzdálenost v čase  $0,264 \pm 0,057 \text{ s}$ , na střední vzdálenost  $0,297 \pm 0,071 \text{ s}$  a na dlouhou vzdálenost  $0,359 \pm 0,101 \text{ s}$ . Hodnoty při kopu na hlavu pak byly  $0,263 \pm 0,031 \text{ s}$ ,  $0,308 \pm 0,076 \text{ s}$  a  $0,375 \pm 0,105 \text{ s}$ , respektive, pro krátkou, střední a dlouhou vzdálenost.

Kinematickou analýzou obloukového kopu v závislosti na postoji se zabývali Estevan a kol. (2012). Studie se účastnilo 9 taekwondistů (zkušenost se sportem  $14,16 \pm 5,60 \text{ let}$ ), kteří prováděli kop ze tří stojných poloh (přímá  $0^\circ$ , diagonální  $45^\circ$  a kolmá  $90^\circ$ ). Probandi stáli na dvou 3D silových deskách Kistler 9286AA (247 Hz), kinematika kopu byla měřena pomocí kamer Qualisys (247 Hz) a na obou dolních končetinách měli reflexní markery. Pro tuto práci byly vybrány úhlové rychlosti kyčle při nárazu ( $102,63 \pm 233,33^\circ/\text{s}$  přímá  $0^\circ$ ,  $49,22 \pm 204,64^\circ/\text{s}$  diagonální a  $34,09 \pm 305,93^\circ/\text{s}$  kolmá  $90^\circ$ ), úhlová rychlost kolene ( $1302,07 \pm 152,48^\circ/\text{s}$  přímá  $0^\circ$ ,  $1182,24 \pm 451,41^\circ/\text{s}$  diagonální  $45^\circ$  a  $1297,58 \pm 170,14^\circ/\text{s}$  kolmá  $90^\circ$ ) a lineární rychlost kolene při nárazu

( $0,31 \pm 0,31$  m/s přímá  $0^\circ$ ,  $- 0,06 \pm 1,29$  m/s diagonální  $45^\circ$  a  $0,26 \pm 0,38$  m/s kolmá  $90^\circ$ ). V postoji  $90^\circ$  byla naměřena vyšší rychlost kolene, než v postoji  $0^\circ$ , nejvyšší úhlová rychlost kyčle a kolene byla naměřena v postoji  $90^\circ$ .

Falco a kol. (2013) se ve své studii zaměřili na vliv vzdálenosti cíle na čas provedení a nárazové síly obloukového kopu a následné porovnání u profesionálních taekwondistů a začátečníků. Studie se účastnilo 49 probandů, kteří byli dále rozděleni na muže ( $n = 35$ ) a ženy ( $n = 14$ ), podle zkušeností s taekwondem na profesionální sportovce (muži,  $n = 21$  a ženy,  $n=8$ ) a začátečníky (muži,  $n = 22$  a ženy,  $n = 6$ ). Výsledky byly zpracovány pro výše zmíněné skupiny samostatně. Kop byl prováděn na figurínu se silovou deskou a probandi stáli na kontaktních deskách. Byly stanoveny tři vzdálenosti, podle délky dolní končetiny probanda (střední na délku dolní končetiny, krátká zmenšená o  $1/3$  délky dolní končetiny a dlouhá zvětšená o  $1/3$  délky dolní končetiny). Čas provedení kopu byl měřen od opuštění kopající nohy z kontaktní desky po dosažení maximální síly kopu. Čas provedení mužů (krátká  $0,249 \pm 0,073$  s, střední  $0,281 \pm 0,074$  s a dlouhá vzdálenost  $0,333 \pm 0,096$  s) byl kratší, než u žen ( $0,292 \pm 0,049$  s,  $0,371 \pm 0,142$  s a  $0,394 \pm 0,119$ ). Při porovnání profesionálních sportovců ( $0,256 \pm 0,067$  s,  $0,321 \pm 0,133$  s,  $0,342 \pm 0,102$  s, respektive) a začátečníků ( $0,265 \pm 0,072$  s,  $0,296 \pm 0,079$  s,  $0,357 \pm 0,110$  s, respektive) nebyly zjištěny výrazné rozdíly. Nejrychlejších časů bylo dosahováno při kopu na krátkou vzdálenost, při zvyšování vzdálenosti se čas provedení prodlužoval.

## 5 Diskuse

Cílem této bakalářské práce bylo porovnání dynamických sil a rychlosti přímého a obloukového kopu. Informace byly získány z celkem 34 námi vybraných studií. Ve výsledkové části nebyly sjednoceny všechny jednotky naměřených údajů. Aby mohlo dojít k vzájemnému porovnání v této části práce, byly jednotky sjednoceny podle většiny studií, abychom předešli nepřesnostem (N/kg na N, rad/s na °/s, ms na s).

Všechny výsledky v diskusi jsou prezentovány jako průměrné naměřené hodnoty, pokud není uvedeno jinak. Vybraná vzdálenost kopu při porovnání přímého a obloukového kopu byla střední vzdálenost (délka dominantní dolní končetiny). Dále byly vybrány a porovnávány hodnoty naměřeny pro přímý a obloukový kop, které byly prováděny na střed těla.

Pohyb, který musí sportovec provést při přímém a obloukovém kopu se od sebe výrazně liší, proto jsme neporovnávali úhly jednotlivých segmentů těla.

### 5.1 Porovnání dynamických sil přímého a obloukového kopu

U přímého kopu byly zjištěny výrazně vyšší maximální síly (4354 N), než u obloukového kopu (1669 N). Hodnoty nárazových sil byly rovněž vyšší pro přímý kop (2447 N), než pro obloukový kop (1090 N) v porovnání s naměřenými hodnotami pro stejnou vzdálenost (délka dolní končetiny) a výšku cílu (střed těla). Impuls síly nemohl být porovnán z důvodu nedostatku studií zabývajících se touto proměnnou u obloukového kopu.

### 5.2 Porovnání času provedení, rychlosti a úhlové rychlosti přímého a obloukového kopu

Celkový čas provedení kopu na cíl nebo do vzduchu byl kratší pro obloukový kop (0,6 s), než pro přímý kop (1,02 s). Kopy prováděné do vzduchu byly rychlejší, v porovnání s kopy prováděnými na cíl. Těchto hodnot bylo dosaženo při měření času od zvednutí útočné nohy z podložky do vrácení nohy na podložku.

Při porovnání rychlosti jednotlivých segmentů těla bylo dosaženo vyšších rychlostí chodidla a kolene u obloukového kopu, než u přímého kopu.

Dále byly porovnávány maximální úhlové rychlosti kolene (přímý kop 930°/s, obloukový kop 630°/s) a kyčle v extenzi (přímý kop 508°/s, obloukový kop 232°/s),

kteřé byly u přímého kopu vyšší (Branco a kol., 2019, Pozo a kol., 2011), než u obloukového kopu (Gavagan a Sayers, 2017; Kong a kol., 2000; Diniz a kol., 2018; Dejareny a kol., 2012).

### **5.3 Vliv hmotnosti probandů a přidané zátěže na dynamiku přímého a obloukového kopu**

Výrazným činitelem výsledné maximální síly, nárazových sil a impulsu síly byla hmotnost, která měla vliv na výsledné síly přímého i obloukového kopu. Ze získaných informací můžeme usuzovat, že má hmotnost pozitivní vliv na maximální sílu a impuls síly přímého a obloukového kopu (Thibordee a Prasartwuth, 2014; Estevan a kol., 2012). Vágner a kol. (2020), kteří se zabývali pouze nesenou zátěží a ne hmotností probandů, zjistili nárůst maximální síly a impulsu síly přímého kopu s nesenou hmotností do 15 kg. V případě vyšší nesené zátěže (30 kg), docházelo k návratu maximálních a nárazových sil k hodnotám provedení přímého kopu bez zátěže. Nadměrná zátěž tak může mít také negativní vliv na správné provedení přímého kopu a výsledky maximálních a nárazových sil. Naopak impuls síly neustále narůstal s přidávající se hmotností nesené zátěže (Vágner a kol., 2018; Vágner a kol., 2019; Vágner a kol., 2020; Vágner a kol. 2021).

### **5.4 Vliv úrovně zkušeností na dynamiku přímého a obloukového kopu**

Úroveň probandů v bojovém umění se ukázala jako další faktor, který má vliv na dynamiku přímého a obloukového kopu. Ve studiích byly porovnávány především skupiny profesionálních sportovců, vojenského personálu a začátečníků či rozdíl mezi sportovci na medailových a nemedailových místech v soutěži, přičemž profesionálové nebo medailisté byli schopni produkovat vyšší maximální a nárazové síly (Falco a kol., 2008; Estevan a kol., 2011; Falco a kol., 2013; Estevan a Falco, 2013; Estevan a kol., 2012; Vágner a kol., 2021). Toto tvrzení s nejvyšší pravděpodobností souvisí s lepšími technickými dovednostmi profesionálních sportovců nebo vojenských instruktorů. K výsledné vyšší maximální síle u sportovců národní úrovně v porovnání se sportovci úrovně mezinárodní ve své studii dospěli Pozo a kol. (2011). Následně však byla zjištěna nižší hodnota odchýlení nárazu kopající nohy od středu bodu zásahu u přímého kopu pro sportovce mezinárodní úrovně ( $25,6 \pm 9,4 \%$ ), než u sportovců úrovně národní ( $33,7 \pm 19,1 \%$ ). Sportovci mezinárodní úrovně tak byli schopni směřovat více síly na jedno místo.

## **5.5 Vliv vzdálenosti cíle na dynamiku a kinematiku obloukového kopu**

Ve studiích zabývajících se obloukovým kopem byla jednou z proměnných vzdálenost cíle, která měla vliv především na maximální a nárazové síly kopu. Vzdálenosti byly určeny (krátká, střední a dlouhá) a platilo pravidlo, čím více se vzdálenost prodlužovala, tím klesaly hodnoty maximálních a nárazových sil (Falco a kol., 2011). Rozdílné hodnoty byly naměřeny také kombinací vzdálenosti a zkušeností probandů, kde zkušenější sportovci dokázali vyvinout vyšší maximální a nárazové síly (Estevan a kol., 2011). Nejkratší doba provedení u obou kopů byla naměřena na krátkou vzdálenost (ve většině studií délka dolní končetiny zkrácena o 1/3). Jako rozdílnou vzdálenost můžeme uvést také kop prováděn přední nebo zadní nohou, přičemž přední nohou je kop rychlejší, zadní kop však generoval vyšší kinetickou energii (Kong, 2000).

## **5.6 Porovnání kinematiky přímého a obloukového kopu mezi bojovými aktivitami**

Přímým srovnáním kinematiky obloukového kopu v muay thai, taekwondu a karate se zabývaly dvě studie (Gavagan a Sayers, 2017; Diniz a kol., 2018). Sportovci provozující muay thai naměřili výrazně vyšší hodnoty úhlové rychlosti kyčle ( $219^{\circ}/s$ ) v porovnání s taekwondem a karate ( $167^{\circ}/s$  a  $142^{\circ}/s$ , respektive). Vyšší rychlosti chodidla však naměřili sportovci v karate (11,4 m/s) a taekwondu (11,3 m/s), než sportovci provozující muay thai (10 m/s).

Srovnáním kinematiky mezi bojovými sporty taekwondo a hapkido se zabýval Lee (2001). Sportovec provozující hapkido naměřil vyšší hodnotu rychlosti chodidla (15,8 m/s), v porovnání s taekwondistou (13,8 m/s). Čas provedení kopu byl pro oba sporty téměř totožný (0,23 s, 0,24 s, respektive).

Při nepřímém srovnání naměřených hodnot pro bojové aktivity byly srovnány rychlosti přímého kopu. Nejvyšší rychlosti kopu naměřili aktivity taekwondo a karate (9,7 m/s, 9,5 m/s, respektive), následovalo muay thai (8 m/s) a boj zblízka (7,7 m/s). Rychlost obloukového kopu byla nejvyšší v taekwondu (12,2 m/s), následovalo karate (11,4 m/s) a muay thai (10 m/s).

## **5.7 Vliv pohlaví na kinematiku přímého kopu a dynamické síly obloukového kopu**

Přímým srovnáním vlivu pohlaví na kinematiku přímého kopu se zabývaly tři studie (Wasik a kol., 2018; Wasik a kol., 2019; Zvonar a kol., 2012). Vyšších rychlostí kopu dosahovali muži (10,6 m/s), než ženy (8,3 m/s). Ve srovnání času provedení dosahovali muži kratšího času (0,85 s), než ženy (1,11 s).

Srovnání nárazových sil probíhalo ve studiích Falca a kol. (2013) a Estevena a kol. (2014). Vyšší nárazové síly byly zjištěny u mužů (1176 N), než u žen (807 N).

Další zkoumání této problematiky by se mohlo zaměřit na doplnění chybějících proměnných, jako je impuls síly a vliv přidané zátěže na kinematiku a dynamiku obloukového kopu, popřípadě vhodnost použití tohoto kopu ve vojenském prostředí.

## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnání dynamických sil a rychlosti přímého a obloukového kopu.

Z vybraných studií a jejich výsledků můžeme říci, že přímým kopem jsme schopni vyprodukovat vyšší maximální a nárazové síly, které se například ve vojenském prostředí se zátěží určité hmotnosti a použitím vojenské obuvi výrazně zvyšují, čímž se kop stává vysoce efektivním. Dalším použitím může být zastavení útoku a získání odstupu od soupeře, také díky kratšímu času nárazu.

Obloukový kop pravděpodobně nalezne své uplatnění především v bojových sportech a jejich soutěžích, kde není účelem soupeře zneškodnit, ale získat co nejvyšší počet bodů. Z tohoto důvodu není generování takových hodnot maximálních a nárazových sil při provedení jako u přímého kopu klíčové. Kop má kratší čas provedení a rychlosti jednotlivých segmentů těla (koleno, chodidlo) jsou vyšší, v porovnání s přímým kopem. Proto bude pro soupeře těžší na tento kop reagovat, čímž se výrazně zvyšují šance získání bodů.

## 7 Seznam literatury

1. APETAUR, Milan a Tomáš HRALA. *Mechanika tuhých těles: Dynamika*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2004. ISBN 80-7044-598-x.
2. BRANCO, Marco A. C., António M. V. VENCESBRITO, Mário A. RODRIGUES-FERREIRA, Gonçalo A. C. BRANCO, Ewa POLAK, Wojciech J. CYNARSKI and Wąsik JACEK. Effect of Aging on the Lower Limb Kinematics in Karate Practitioners: Comparing Athletes and Their Senseis. *Journal of Healthcare Engineering*. 2019, 1-6 [cit. 2021-5-24]. ISSN 2040-2295. Dostupné z: doi:10.1155/2019/2672185
3. CIPRIAN, Dalibor. *Fyzika I*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1591-6.
4. DETJARENY, Thumrongkul, LIMROONGREUNGRAT, Weerawat, SINPHURMSUKSKUL, Opas and PINTHONG, Metta. Kinematic differences of Taekwondo roundhouse kick between Thailand National and Youth National athletes. *Biomechanics in Sports*. 2012, **30**, 185–188.
5. DINIZ, Rossano, Fabrício B. DEL VECCHIO, Gustavo Z. SCHAUN, et al. Kinematic Comparison of the Roundhouse Kick Between Taekwondo, Karate, and Muaythai. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021, **35**(1), 198-204 [cit. 2021-5-24]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002657
6. DOSTÁL, Jiří a Zdeněk JANÁČEK. *Fyzika*. Vyd. 3. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004. ISBN 80-7318-181-9.
7. ESTEVAN, Isaac and Coral FALCO. Mechanical analysis of the roundhouse kick according to height and distance in Taekwondo. *Biology of Sport*. 2013, **30**(4), 275-279 [cit. 2021-5-24]. ISSN 0860-021X. Dostupné z: doi:10.5604/20831862.1077553
8. ESTEVAN, Isaac, Coral FALCO, Julia Freedman SILVERNAIL and Daniel JANDACKA. Comparison of Lower Limb Segments Kinematics in a Taekwondo Kick. An Approach to the Proximal to Distal Motion. *Journal of Human Kinetics*. 2015, **47**(1), 41-49 [cit. 2021-5-24]. ISSN 1899-7562. Dostupné z: doi:10.1515/hukin-2015-0060



9. ESTEVAN, Isaac, Coral FALCO, Octavio ÁLVAREZ and Javier MOLINA-GARCÍA. Effect of Olympic Weight Category on Performance in the Roundhouse Kick to the Head in Taekwondo. *Journal of Human Kinetics*. 2012, **31**(2012), 37-43 [cit. 2021-5-24]. ISSN 1899-7562. Dostupné z: doi:10.2478/v10078-012-0004-x
10. ESTEVAN, Isaac, JANDACKA, Daniel, FARANA, Roman and FALCO, Coral. Kinematic analysis of a roundhouse kick according to the stance position. *Biomechanics in Sports*. 2012, (85), 189–192.
11. ESTEVAN, Isaac, Octavio ÁLVAREZ, Coral FALCÓ and Isabel CASTILLO. Self-efficacy and performance of the roundhouse kick in taekwondo. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*. 2014, **9**(2), 97-105 [cit. 2021-5-24]. ISSN 2174-0747. Dostupné z: doi:10.18002/rama.v9i2.1323
12. FALCO, Coral, Isaac ESTEVAN and Manfred VIETEN. Kinematical Analysis of Five Different Kicks in Taekwondo. *Biomechanics in Sports*. 2011, 30. **11**, 219–222.
13. FALCO, Coral, Javier MOLINA-GARCÍA, Octavio ÁLVAREZ a Isaac ESTEVAN. Effects of target distance on select biomechanical parameters in taekwondo roundhouse kick. *Sports Biomechanics*. 2013, **12**(4), 381-388 [cit. 2021-5-24]. ISSN 1476-3141. Dostupné z: doi:10.1080/14763141.2013.776626
14. FALCO, Coral, Octavio ALVAREZ, Isabel CASTILLO, Isaac ESTEVAN, Julio MARTOS, Fernando MUGARRA a Antonio IRADI. Influence of the distance in a roundhouse kick's execution time and impact force in Taekwondo. *Journal of Biomechanics*. 2009, **42**(3), 242-248 [cit. 2021-5-24]. ISSN 00219290. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbiomech.2008.10.041
15. FINK, Arlene. *Conducting research literature reviews: from the internet to paper*. 4th ed. Los Angeles: Sage, c2014, xv, 257 s. ISBN 9781452259499. VĚD-210
16. FOJTÍK, Ivan a Pavel KRÁL. *Karatedó*. Praha: Olympia, 1993. ISBN 80-7033-246-8.
17. FOJTÍK, Ivan. *Duch budó: o podstatě a smyslu bojových umění*. Olomouc: Votobia, 1999. ISBN 80-7198-376-4.
18. GAVAGAN, Colin J., Mark G. L. SAYERS and Morgan E. CARLSON. A biomechanical analysis of the roundhouse kicking technique of expert practitioners: A comparison between the martial arts disciplines of Muay Thai,

- Karate, and Taekwondo. *PLOS ONE*. 2017, **12**(8) [cit. 2021-5-24]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0182645
19. GRYMANOWSKI, Jaromir, Justyna GLINSKA-WLAZ, Pavel RUZBARSKY, Mariusz DRUZBICKI and Krzysztof PRZEDNOWEK. Analysis of time-space parameters of the front kick using the example of an athlete training in Muay Thai. *Ido Movement for Culture*. 2019, **19**(1), 107–110. ISSN 20827571. Dostupné z: doi:10.14589/ido.19.1S.17
  20. CHINNASEE, C., N. I. MOHAMAD, A. M. NADZALAN, A. H. A. SAZILI, W. HEMAPANDHA, L. PIMJAN, T. K. AZIZUDDIN KHAN a K. TAN. Lower limb kinematics analysis during roundhouse kick among novices in muay thai. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2018, **9**(6S), 1002-1010 [cit. 2021-5-24]. ISSN 1112-9867. Dostupné z: doi:10.4314/jfas.v9i6s.73
  21. IMPELLIZZERI, F. M. a BIZZINI, M. Systematic review and meta-analysis: a primer. *International journal of sports physical therapy*, 2012, roč. 7, č. 5, s. 493-503.
  22. JANDACKA, Daniel, Isaac ESTEVAN, Miroslav JANURA and Coral FALCO. The impact of the initial stance position on lower limb joint kinetics in the taekwondo roundhouse kick. *Acta Gymnica*. 2013, **43**(2), 15-22 [cit. 2021-5-24]. ISSN 23364912. Dostupné z: doi:10.5507/ag.2013.008
  23. KIM, Jae-Woong, Moon-Seok KWON, Sree Sushma YENUGA and Young-Hoo KWON. The effects of target distance on pivot hip, trunk, pelvis, and kicking leg kinematics in Taekwondo roundhouse kicks. *Sports Biomechanics*. 2010, **9**(2), 98-114 [cit. 2021-5-24]. ISSN 1476-3141. Dostupné z: doi:10.1080/14763141003799459
  24. KIM, Young Kwan, Yoon Hyuk KIM a Shin Ja IM. Inter-joint coordination in producing kicking velocity of Taekwondo kicks. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2011, **10**, 31–38.
  25. KONG, Pui-wah, Tze-chung LUK a Youlian HONG. Difference Between Taekwondo Roundhouse Kick Executed By the Front and Back Leg – A Biomechanical Study. *Proceedings of XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports*. 2000, **1**, 268–272. Dostupné z: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2536/0>

26. KÖSSL, Jiří, Jan ŠTUMBAUER a Marek WAIC. *Kapitoly z dějin tělesné kultury*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-3420-3.
27. LEE, Ki-Kwang. The Effect of Target Height on Kinematics of Round Kick in Taekwondo and Hapkido. *19 International Symposium on Biomechanics in Sports*. 2001, pp. 162–165.
28. LEE, Kyong Myong. *Taekwondo*. České Budějovice: Kopp, c2005. Průvodce sportem. ISBN 80-7232-246-x.
29. LINK, Norman a Lily CHOU. *Bojová umění - anatomie: ilustrovaný průvodce zapojením svalů v základních kopech, úderech a strzích*. Přeložil Pavla POKORNÁ. Brno: CPress, 2016. ISBN 978-80-264-1147-5.
30. MACHI, Lawrence A. and Brenda T. MCEVOY. *The literature review: six steps to success*. Thousand Oaks, Calif.: Corwin Press, c2009. ISBN 978-1-4129-6135-6.
31. Martinkova, Irena and Vágner, Michal. Terminologické vymezení bojových aktivit v oblasti kinantropologie. *Česká kinantropologie*. 2010 1. 29-38.
32. NONNEMACHER, Klaus. *Jak dokonale zvládnout kickbox*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2836-0.
33. PAPÍK, Richard. *Strategie vyhledávání informací a elektronické informační zdroje*. Brno: Tribun EU, 2011. ISBN 978-80-7399-338-2.
34. POZO, Joël, Guillaume BASTIEN a Frédéric DIERICK. Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: Comparison of national and international standard karate athletes. *Journal of Sports Sciences*. 2011, **29**(14), 1553–1561. ISSN 1466447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2011.605164
35. PŘIKRYL, Karel. *Kinematika*. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2951-8.
36. THIBORDEE, Sutima a Orawan PRASARTWUTH. Effectiveness of roundhouse kick in elite Taekwondo athletes. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2014, **24**(3), 353–358. ISSN 18735711. Dostupné z: doi:10.1016/j.jelekin.2014.02.002
37. VÁGNER, Michal, Dan THIEL, Karel JELEN, Luboš TOMŠOVSKÝ, Petr KUBOVÝ a James J. TUFANO. Wearing ballistic and weighted vests increases front kick forces. *Archives of Budo*. 2018, **14**, 231–237. ISSN 16438698.

38. VÁGNER, Michal, Daniel CLEATHER, Petr KUBOVY, Vladimír HOJKA a Petr STASTNY. Kinematic Determinants of Front Kick Dynamics Across Different Loading Conditions. *Military Medicine*. 2021, **1**, 1–7. ISSN 0026-4075. Dostupné z: doi:10.1093/milmed/usaa542
39. VÁGNER, Michal, Jan MALECEK, Luboš TOMŠOVSKÝ, Petr KUBOVÝ, Andrea LEVITOVÁ a Petr STASTNY. Isokinetic strength of rotators, flexors and hip extensors is strongly related to front kick dynamics in military professionals. *Journal of Human Kinetics*. 2019, **68**(1), 145–155. ISSN 18997562. Dostupné z: doi:10.2478/hukin-2019-0063
40. VÁGNER, Michal, Jan MALEČEK, Vladimír HOJKA, Petr KUBOVÝ a Petr STASTNY, 2020. A carried military load increases the impact force and time of a front kick but reduces the peak velocity of the hip and shoulder of the kicking leg. *Archives of Budo*. 2020, **16**, 69–76. ISSN 16438698.
41. VÁGNER, Michal, Luboš TOMŠOVSKÝ, James J TUFANO, Petr KUBOVÝ and Karel JELEN. The effect of military boots on front kick dynamics. *AUC Kinanthropologica*. 2018, **54**(2), 129–136. Dostupné z: doi:10.14712/23366052.2018.10
42. VENCESBRITO, António M., Marco A. Colaço BRANCO, Renato M. Cordeiro FERNANDES, Mário A. Rodrigues FERREIRA, Orlando J. S. M. FERNANDES, Abel A. Abreu FIGUEIREDO a Gonçalo BRANCO. Characterization of kinesiological patterns of the frontal kick, mae-geri, in karate experts and non-karate practitioners. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*. 2014, **9**(1), 20-31 [cit. 2021-5-24]. ISSN 2174-0747. Dostupné z: doi:10.18002/rama.v9i1.1163
43. WĄSIK, J., CZARNY, W., MAŁOLEPSZY, E., et al. Kinematics of Taekwondo front kick. *Arch Budo Sci Martial Art Extreme Sport*. 2015. 11:23-29
44. WĄSIK, Jacek a Gongbing SHAN. Target effect on the kinematics of Taekwondo Roundhouse Kick - Is the presence of a physical target a stimulus, influencing muscle-power generation? *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2015, **17**(4), 115–120. ISSN 1509409X. Dostupné z: doi:10.5277/ABB-00229-2014-02
45. WĄSIK, Jacek and Tomasz GÓRA. Impact of target selection on front kick kinematics in taekwondo – pilot study. *Physical Activity Review*. 2016, **4**, 57–61. ISSN 2300-5076. Dostupné z: doi:10.16926/par.2016.04.07

46. WAŚIK, Jacek. The structure of the roundhouse kick on the example of a European Champion of taekwon-do. *Medical science monitor*. 2008, **13**(4), 5–15.
47. WAŚIK, Jacek, Dorota ORTENBURGER and Tomasz GÓRA. Studies of kicking of three targets – does sex differentiate the velocity of the taekwondo front kick. 2019, **11**(1), 76–82. Dostupné z: doi:10.29359/BJHPA.11.1.08
48. WAŚIK, Jacek, Dorota ORTENBURGER, Tomasz GÓRA, Gongbing SHAN, Dariusz MOSLER, Piotr WODARSKI and Robert A. MICHNIK. The influence of gender, dominant lower limb and type of target on the velocity of taekwon-do front kick. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2018, **20**(2), 133–138. ISSN 1509409X. Dostupné z: doi:10.5277/ABB-01085-2018-02
49. WICHMANN, Wolf-Dieter. *Karate*. České vyd. České Budějovice: Kopp, 2003. Průvodce sportem. ISBN 80-7232-197-8.
50. ZVONAR, Martin, Kateřina KOLÁŘOVÁ, Vít ZAHRADNÍČEK, Zdenko REGULI and MICHAL Vít. Kinematic Analysis in Combative Sports. *Ido Movement for Culture*. 2012, 12. 12-19.

## 8 Seznam grafické dokumentace

<i>Obrázek 1: Jednotlivé fáze přímého čelního kopu (Wasik a kol., 2015)</i> .....	16
<i>Obrázek 2: Fáze obloukového kopu (Wasik, 2010)</i> .....	17
<i>Obrázek 3: Kroky systematické rešerše (Impellizzeri a Bizzini, 2012)</i> .....	20
<i>Obrázek 4: Příklad booleovských operátorů (Papík, 2011)</i> .....	23
<i>Obrázek 5: Schéma výběru studií do systematické rešerše</i> .....	26
<i>Rovnice 1: Výpočet impulsu síly</i> .....	18
<i>Rovnice 2: Výpočet rychlosti</i> .....	19
<i>Rovnice 3: Výpočet úhlové rychlosti</i> .....	19
Tabulka 1: Vybrané studie pro přímý kop (push kick) .....	55
Tabulka 2: Tabulka vybraných studií (obloukový kop) .....	58
Tabulka 3: Vybrané hodnoty měřených proměnných (přímý kop).....	63
Tabulka 4: Vybrané hodnoty měřených proměnných (obloukový kop) .....	65

## Přílohy

**Tabulka 1: Vybrané studie pro přímý kop (push kick)**

Autor	Probandi	Typ bojové aktivity	Cíl studie	Měřené proměnné
Branco a kol., 2019	33 probandů se zkušenostmi více než 10 let, dvě skupiny: 9 veteránů $54,2 \pm 3,9$ let (VetK) a 24 karatistů ve věku $23 \pm 5,8$ let (YgK)	Karate	Analyzování, jak proces stárnutí ovlivňuje zkušené aktivní karatisty v kinematické a časové struktuře při provedení přímého kopu	Maximální rychlost, maximální úhly segmentů, úhlové rychlosti segmentů
Grymanowski a kol., 2019	Výška 173 cm a hmotnost 71 kg probanda	Muay Thai	Studie kinetiky přímého kopu v muay thai	Rychlost chodidla
Pozo a kol., 2011	17 sportovců s dominantní pravou nohou; 2 skupiny, národní a mezinárodní úroveň, 9 karatistů (8 mužů, 1 žena) and 8 karatistů (7 mužů, 1 žena); Národní: Věk/SD 37,9/9,0 let; Výška/SD 176,4/7,9; Hmotnost/SD 76,0/11,3 kg; Zkušenosti/SD roky 18,7/12,1 let; BMI/SD 24,7/4,6; Mezinárodní: Věk/SD 24,2/10,6 let; Výška/SD 174,4/8,6 cm; Hmotnost/SD 70,3/9,3 kg; Zkušenosti/SD 13,0/6,5 let; BMI/SD 23,2/1,7	Karate	Porovnání času provedení, kinetiky a kinematiky dolních končetin a jejich opakovatelnost u přímého kopu u dvou různých skupin karatistů	Čas provedení, úhlové rychlosti, maximální nárazové

Wasik a kol., 2018	Všichni účastníci byli ITF taekwondo sportovci, dominantní pravá noha. Mužskou skupinu tvořilo 8 probandů (věk: $18,3 \pm 1,7$ let; tělesná hmotnost: $70,4 \pm 6,0$ kg; výška: $176,2 \pm 3,0$ cm), ženská skupina 6 probandů (věk: $19,8 \pm 3,8$ let; tělesná hmotnost: $57,7 \pm 6,5$ kg; výška $167,7 \pm 6,4$ cm). Zkušenosti minimálně 5 let. Úroveň 2. kup (červený pás) do 3. danu	Taekwondo	Kvantifikace hlavních vlivů a interakcí pohlaví, nohy a typu cíle na biomechaniku předního kopu. Identifikace relevantní faktorů související s přesností kopu a maximální rychlostí pro tréninkovou praxi	Rychlost kopu
Wasik, J; Góra, T, 2016	Taekwondista (věk: 28 let; hmotnost: 68 kg; height: 172 cm), 2. dan	Taekwondo	Znalost o vlivu cíle na kinematické faktory techniky předního kopu	Rychlost segmentů těla
Vencesbrito a kol., 2014	Skupina karatistů = 14 (věk: $24 \pm 7$ let, výška: $171 \pm 7$ cm, hmotnost $72 \pm 19$ kg, délka dolní končetiny: $89 \pm 6$ cm, tělesný tuk: $17 \pm 7\%$ ), bez zkušenosti s karate = 16 (věk: $23 \pm 6$ let), výška $179 \pm 6$ cm; hmotnost: $73 \pm 10$ kg, délka dolní končetiny: $90 \pm 5$ cm, tělesný tuk: $15 \pm 4\%$	Karate	Identifikace kinematických a neuromuskulárních kontrolních vzorců přímého kopu na pevný cíl	Rozsah pohybu, úhly segmentů těla, rychlost kopu
Wasik a kol., 2019	8 mužů (věk: $18,3 \pm 1,7$ let; tělesná hmotnost: $70,4 \pm 6,0$ kg; výška: $176,2 \pm 3,0$ cm) a 6 žen (věk: $19,8 \pm 3,8$ let; tělesná hmotnost: $57,7 \pm 6,5$ kg, výška: $167,7 \pm 6,4$ cm)	Taekwondo	Získání znalostí týkajících se dopadu vybraných externích determinantů (cíl kopu) a vnitřních determinantů (pohlaví) na pohybovou kinematiku na přímý kop	Rychlost provedení
Vágner a kol., 2018	Šest vojáků ( $22,2 \pm 1,5$ r., $78,8 \pm 5,8$ kg, $180,6 \pm 4,8$ cm) z Vojenského oboru Fakulty tělesné výchovy a sportu UK	Boj zblízka	Porovnání efektu vojenské obuvi na dynamiku přímého kopu	Čas dosažení maximální síly, maximální síla, impuls síly
Zvonar a kol., 2012	2 probandi (1 žena, věk = 25, výška = 160 cm, hmotnost = 51 kg; 1 muž, věk = 30 let, výška = 182 cm, hmotnost = 80 kg)		Popis možností kinematické analýzy v bojových sportech	Čas provedení



Vágner a kol., 2018	5 vojáků ( $22,2 \pm 1,5$ let, $78,8 \pm 5,8$ kg, $180,6 \pm 4,8$ cm)	Boj zblízka	Vliv balistické a zátěžové vesty na kinetiku přímého kopu	Čas dosažení maximální síly, maximální a nárazové síly
Vágner a kol., 2019	25 vojáků ( $27,7 \pm 7,2$ let, $83,8 \pm 6,1$ kg, $180,5 \pm 6,5$ cm)	Boj zblízka	Naším cílem bylo určit regresní model mezi provedením kopu a čistý maximální isokinetický moment kyčelních rotátorů, flexorů a extenzorů a flexorů kyčle při různých rychlostech kontrakce	Průměrná rychlost kopu
Vágner a kol., 2020	25 vojáků ( $27,7 \pm 7,2$ let, $83,8 \pm 6,1$ kg, $180,5 \pm 6,5$ cm)	Boj zblízka	Znalost o účincích nošení balistické vesty a batohu na maximální rychlost a dynamické síly přímého kopu	Maximální síla kopu, impuls síly
Vágner a kol., 2021	24 elitních a subelitních profesionálních vojenských pracovníků ( $26,8 \pm 10,1$ let, $84,2 \pm 5,4$ kg, $181,1 \pm 6,4$ cm)	Boj zblízka	Nalezení kinematických determinantů dynamiky přímého kopu napříč různými provedení a úrovněmi zatížení (bez zátěže, až do 45 kg zátěže)	Maximální síla kopu, impuls síly, nárazové síly

**Tabulka 2: Tabulka vybraných studií (obloukový kop)**

Autor	Probandi	Typ bojové aktivity	Cíl studie	Měřené proměnné
Young a kol., 2011	Probandi (věk: $20,4 \pm 8,4$ let, hmotnost: $71,9 \pm 8,4$ kg a výška: $1,80 \pm 0,04$ m) Zkušenosti déle než 7 let ( $10,6 \pm 3,2$ ), černý pás	Taekwondo	Zkoumání kinematiky kopací nohy v taekwundu a posouzení role mezikloubní koordinace nohy při produkování rychlosti kopu	Rychlost provedení, rychlost před nárazem, rozsahy pohybu
Falco a kol., 2011	8 mužů ze španělského národního týmu. Průměrná výška, hmotnost a věk byly $1,77 \pm 0,07$ m, $68,80 \pm 3,01$ kg a $20,40 \pm 2,05$ let	Taekwondo	Identifikování techniky kopu na hlavu s nejvyšší potenciaální možností na úspěch v soutěži	Čas provedení, celkový čas kopu
Gavagan, CJ; Sayers, Mark G.L., 2017	Muay Thai: Věk / SD $22,3 / 4,1$ let; Výška / SD $1,74 / 0,096$ m; Hmotnost / SD $65 / 8,8$ kg; Zkušenosti / SD let $6,4 / 4,0$ let; Taekwondo: Věk / SD $28,6 / 9,5$ let; Výška / SD $1,77 / 0,05$ m; Hmotnost / SD $95,8 / 13,4$ kg; Zkušenosti / SD $14,8 / 7,9$ let; Karate Věk / SD $30,3 / 10,7$ let; Výška / SD $1,78 / 0,137$ m; Hmotnost / SD $84,5 / 20,1$ kg; Zkušenosti $11,4 / 8,1$ let	Muay Thai Taekwondo Karate	Rozdíly v kinematice útočné nohy u obloukového kopu mezi sportovci v muay thai, karate a taekwondo	Čas provedení, maximální rychlost, maximální úhly segmentů a úhlová rychlost segmentů
Chinnasee a kol., 2017	15 začátečníků (průměrný věk = $21,52 \pm 1,09$ let) se zkušenostmi 2-3 měsíce v muay thai	Muay Thai	Porovnání úhlů kloubů a rychlost mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou u obloukového kopu.	Úhly segmentů těla, úhlová rychlost
Estevan a kol., 2015	15 začátečníků (průměrný věk = $21,52 \pm 1,09$ let) se zkušenostmi 2-3 měsíce v muay thai	Muay Thai	Porovnání úhlů kloubů a rychlost mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou u obloukového kopu.	Úhly segmentů těla, úhlová rychlost

Kim a kol., 2010	10 vysoce zkušených probandů (nejméně 8 let praxe ( $12,9 \pm 5,3$ let), černý pás, 5 mužů ( $28,6 \pm 2,7$ let; $85,6 \pm 10,3$ kg; $1,83 \pm 0,04$ m) a 5 žen ( $22,2 \pm 5,5$ let; $59,6 \pm 7,7$ kg; $1,66 \pm 0,07$ m)	Taekwondo	Analýza výsledné maximální rychlosti segmentů a čas k dosažení této maximální rychlosti obloukového kopu	Čas dosažení maximální rychlosti segmentů, maximální rychlost segmentů
Kong a kol., 2000	12 mužů, tělesná hmotnost, výška, délka dolní končetiny, věk a zkušenosti: $73,1 \pm 8,9$ kg ( $59,0$ až $87,5$ kg), $175 \pm 7,8$ cm ( $164,0$ až $185,4$ cm), $81,9 \pm 6,1$ cm ( $69,0$ až $88,6$ cm), $27,2 \pm 4,0$ let a $2,75 \pm 1,8$ dan (1. až 5. dan)	Taekwondo	Zkoumání vlivu vzdálenosti cíle na kyčel, trup a pánev stojné nohy a pohyb útočné nohy u obloukového kopu	Přemístění kyčle útočné dolní končetiny, maximální úhly segmentů
Lee, KW, 2001	8 probandů (58-64 kg). Průměrný věk, výška a hmotnost byly $26,1 \pm 9,48$ let, $169,7 \pm 6,42$ cm a $60,68 \pm 8,72$ kg. Zkušenosti $6,6 \pm 3,1$ let	Taekwondo	Zkoumání rozdílu mezi obloukovým kopem provedeným přední a zadní nohou	Čas provedení, maximální úhlová rychlost, maximální úhly segmentů, rozsah pohybu
Thibordee, S; Prasartwuth, O, 2014	16 mužů, černý pás, zkušenosti v národních soutěžích	Taekwondo	Zkoumání kinematiky kolenního kloubu a kotníku a elektromyografické aktivity svalů nohou a porovnání mezi kopy s vysokými a nízkými nárazovými hodnotami	Maximální síla kopu
Wasik, J; Shan, G, 2015	6 sportovců - 1 žena a 5 mužů (věk $16,5 \pm 5$ let, hmotnost $64,14 \pm 7,0$ kg, výška $176,5 \pm 4,6$ cm), evropské juniorští šampioni, polští juniorští šampioni a kvalifikovaní sportovci s minimálně čtyřletými zkušenostmi	Taekwondo	Zkoumání kinematiky provedení obloukového kopu a faktory související s generováním síly	Rychlosti segmentů
Wasik, J, 2010	Závodník - 17 let (hmotnost 75 kg a výška 179 cm), mezinárodní úroveň	Taekwondo	Struktura obloukového kopu	Maximální rychlosti segmentů, čas provedení

Falco a kol., 2008	31 probandů, věk od 16 do 31 let ( $M = 21,57$ ; $S.D. = 4,75$ ), 2 skupiny podle soutěžních zkušeností: skupina 1 ( $n = 15$ profesionálů), skupina 2 ( $n = 16$ začátečníků)	Taekwondo	Zkoumání nárazových sil a času provedení obloukové kopu a prozkoumání vlivu vzdálenosti cíle na tyto proměnné	Maximální síly kopu
Estevan a kol., 2011	27 taekwondistů, průměrný věk byl $26,56 \pm 2,23$ let, hmotnost $72,04 \pm 12,67$ a výška $1,77 \pm 0,86$ m	Taekwondo	Analyzování kopu na hlavu a porovnání maximální síly nárazu, doby provedení a čas nárazu na 3 vzdálenosti podle úrovně soutěže sportovců. Analyzování vztahu mezi nárazovými silami a hmotností probandů	Čas provedení, čas, dosažení maximální síly nárazu, maximální
Jandacka a kol., 2013	10 probandů (5 mužů a 5 žen, 5 s dominantní levou dolní končetinou a 5 s dominantní pravou končetinou); zkušenosti $13,8 \pm 5,8$ let, průměrný $25,4 \pm 5,0$ let; průměrná hmotnost $72,7 \pm 15,4$ kg; průměrná výška $1,75 \pm 0,10$ m	Taekwondo	Porovnání generovaného výkonu kloubů dolních končetin (kyčelní, kolenní a hlezenní kloub), maximální rychlost nohy útočné dolní končetiny a realizační dobu stejné fáze v závislosti na třech počá- tečních stojných polohách (přímá "0°", diagonální "45°", kolmá "90°") při obloukovém kopu v taekwondu	Rychlost chodidla, čas provedení

Diniz a kol., 2018	Taekwondo (n = 17): věk $23,7 \pm 1,2$ let, výška $1,74 \pm 2,5$ m, hmotnost $73,8 \pm 2,5$ kg, délka dolní končetiny $0,91 \pm 0,05$ m; Karate (n = 15): věk $25,2 \pm 0,8$ let, výška $1,78 \pm 1,43$ m, hmotnost $71,3 \pm 3,6$ kg, délka dolní končetiny $0,94 \pm 0,05$ m; Muay Thai (n = 15): Věk $28,0 \pm 1,3$ let, výška $1,75 \pm 1,74$ m, hmotnost $74,8 \pm 2,6$ kg, délka dolní končetiny $0,93 \pm 0,07$ m	Taekwondo Karate Muay Thai	Porovnání kinematických charakteristik během obloukového kopu mezi sportovci taekwondo, karate a muaythai	Rychlost chodidla, průměrné a maximální úhlové rychlosti segmentů těla
Detjarery a kol., 2012	Národní úroveň (n = 5): věk $21,4 \pm 2,3$ let, hmotnost $60,6 \pm 10,4$ kg, výška $169,2 \pm 6,6$ cm, délka nohou $84,3 \pm 3,0$ cm, výška cíle $71,2 \pm 2,0$ % / výšky, vzdálenost cíle $101,9 \pm 10,1$ % / délka nohy; Mládež (n = 5): věk $16,8 \pm 0,4$ let, hmotnost $63,3 \pm 12,5$ kg, výška, délka nohy $85,2 \pm 4,3$ cm, výška cíle $72,2 \pm 3,0$ % / výška, vzdálenost cíle $94,2 \pm 4,7$ % / délka nohy	Taekwondo	Porovnání reakčního času a kinematických vzorců mezi thajskými atlety národní úrovně a národními mládežnickými atlety	Maximální úhlová rychlost segmentů těla, maximální rychlost segmentů
Estevan a kol., 2012	36 probandů: průměrný věk $25,03 \pm 5,68$ let, průměrná výška $1,78 \pm 0,76$ m. 3 skupiny podle olympijských hmotnostních kategorií: muší hmotnost (n = 10) mezi 58 a 68 kg ( $65,0 \pm 2,8$ ), velterová hmotnost (n = 15), mezi 68 a 80 kg ( $73,4 \pm 3,7$ ) a těžká hmotnost (n = 11), více než 80 kg ( $90,2 \pm 5,6$ )	Taekwondo	Analyzování provedení obloukového kopu na hlavu podle vzdálenosti provedení mezi olympijskými hmotnostními kategoriemi	Nárazové síly
Estevan, I; Falco, C, 2013	33 probandů: profesionální sportovci (n = 12); průměrný věk $24,3 \pm 3,0$ let, hmotnost $77,9 \pm 10,3$ kg, výška $1,79 \pm 0,06$ m. Průměrný věk začátečníků (n = 21) $25,7 \pm 7,0$ let, hmotnost $75,7 \pm 11,8$ kg, výška $1,78 \pm 0,09$ m	Taekwondo	Analyzování vybraných biomechanických parametrů (nárazové síly, reakční doba a čas provedení) podle výšky a vzdálenosti provedení	Úhlové a lineární rychlosti segmentů těla

Estevan a kol., 2012	9 probandů, průměrný věk, hmotnost, výška a zkušenosti byly $26,62 \pm 4,6$ let, $72,9 \pm 16,09$ kg, $1,76 \pm 0,09$ m a $14,16 \pm 5,60$ let	Taekwondo	Porovnání kinematických proměnných v hlavních momentech provedení obloukového kopu v taekwondou podle tří počátečních stojných poloh ( $0^\circ$ , $45^\circ$ , $90^\circ$ )	Úhlové rychlosti segmentů těla
Falco a kol., 2013	49 probandů (věk $24,5 \pm 5,9$ let, hmotnost $79,9 \pm 10,8$ kg): 13 profesionálních sportovců, 21 nováčků, 8 profesionálních žen a 6 začátečnic	Taekwondo	Zkoumání účinků vzdálenosti cíle na čas provedení a nárazovou sílu	Čas provedení kopu, nárazové síly
Estevan a kol., 2014	43 probandů (33 mužů, 10 žen), průměrný věk ( $24,4 \pm 5,4$ let), průměrná hmotnost ( $72,48 \pm 13,36$ kg), průměrná výška ( $1,75 \pm 0,10$ m), zkušenosti ( $10,89 \pm 6,88$ let)	Taekwondo	Vyvinout konkrétní měřítko sebeúčinnosti v taekwondou, analyzovat sportovní výkon a jeho vztah se dvěma měřítky sebeúčinnosti (specifické a obecné) podle pohlaví sportovců	Nárazové síly



Vágner a kol., 2018	Vlastní hmotnost		5201		3405									
	Balistická vesta (12 kg)		6061		3761									
	Zátěžová vesta (12 kg)		6298		3833									
Vágner a kol., 2019	Vojáci					7,7								
Vágner a kol., 2020	Bez zátěže	12,1	5604	157,4				7,72	5,33					
	Zátěž 30 kg	10,9	5462	177,83				7,71	5,06					
Vágner a kol., 2021	Bez zátěže (bosou nohou)		5551	153,5	2447									
	Zbraň, obuv		6078	168,1	3310									
	Zbraň, obuv, batoh (10 kg)		5949	179,8	3199									
	Zbraň, obuv, batoh (15 kg)		5530	187,3	2921									
	Zbraň, obuv, batoh (30 kg)		5382	202,1	2826									

*Poznámky:* max. = maximální, nár. = nárazová, rych. = rychlost, chod. = chodidlo, kol. = koleno, úhl. = úhlový, prov. = provedení



**Tabulka 4: Vybrané hodnoty měřených proměnných (obloukový kop)**

Autor	Skupina	Čas dos. max. síly (ms)	Max. síla na cíl (N)	Imp. síly (N·s-1)	Nár. síla (N)	Rych. kopu (m/s)	Rych. kopu na cíl (m/s)	Rych. chod. (m/s)	Rych. kol. (m/s)	Rych. kyčle (m/s)	Úhl. rych. (°/s)	Úhl. rych. kol. (°/s)	Úhl. rych. kyčle (°/s)	Čas prov. (s)
Young a kol., 2011	Elitní - Taekwondo					14,7								0,26
Falco a kol., 2011	Národní													0,74
Gavagan, CJ; Sayers, Mark G.L., 2017	Muay Thai							13,24				-706		1,02
	Karate							13,66				-947		1,29
	Taekwondo							14,66				-943		1,54
Chinnasee a kol., 2017	Dominantní noha							6,49						
	Nedominantní noha							5,96						
Estevan a kol., 2015	Elitní - Taekwondo							11,9						
Kim a kol., 2010	Elitní						14,7							0,26
Kong a kol., 2000	Přední noha											913		0,73
	Zadní noha											872		0,83
Lee, KW, 2001	Taekwondo							13,8						0,21
	Hapkido							15,8						0,24
Thibordee, S; Prasartwuth, O, 2014	Národní		1491											
Wasik, J; Shan, G, 2015	Elitní - Taekwondo							14,61	7,35					0,57

Wasik, J, 2010	Závodník						10,42							0,75
Falco a kol., 2008	Profesionální		1988											
	Začátečníci		1592											
Estevan a kol., 2011	Medailisté		1803											0,287
	Bez medaile		1469											0,327
Jandačka a kol., 2013	Zkušeni sportovci - Taekwondo							11,89						0,361
Diniz a kol., 2018	Taekwondo							7,96				142	167	
	Karate							9,21				183	142	
	Muay Thai							6,93				163	219	
Detjareny a kol., 2012	Národní tým							7,36				-798	283	
	Národní mládežnický tým							8,16				-874	259	
Estevan a kol., 2012	Muší hmotnost				930									
	Velterová hmotnost				1175									
	Těžká hmotnost				1464									
Estevan, I; Falco, C, 2013	Profesionální				1222									0,275
	Začátečníci				1055									0,297
Estevan a kol., 2012	Zkušeni - Taekwondo											-560		
Falco a kol., 2013	Muži				1075									
	Ženy				731									
Estevan a kol., 2014	Muži				1277									
	Ženy				883									

Poznámky: max. = maximální, nár. síla = nárazová síla, rych. = rychlost, chod. = chodidlo, kol. = koleno, úhl. = úhlový, prov. = provedení,  
imp. = impuls