

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Trenérská škola

ZÁVĚREČNÁ PRÁCE LICENCE B

Biomechanika v KARATE

Vypracoval: Ing. Vít Štencel

Vedoucí práce: PhDr. Radim Pavelka, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto závěrečnou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré literární prameny, které byly během této práce použity. Zároveň souhlasím se zveřejněním této práce jak v tištěné, tak v elektronické podobě.

V Brně dne 15.10.2020

古道会
KODOKAI BRNO z.s.
Spálená 480/3, 602 00 Brno
IČ: 047 63 394 (2)

.....
Ing. Vít Štencel

OBSAH

1. Úvod	5
2. Cíl projektu	5
3. Základy biomechaniky	6
3.1 Geometrie lidského těla a fyzikální základ biomechaniky	7
3.1.1 Kinematika	8
3.1.2 Dynamika	8
3.2 Synergické vazby lidského těla	12
4. Biomechanika Karate	14
4.1 Stabilita a rozklad sil	15
4.2 Význam spirálních svalových řetězců	17
4.3 Translační a rotační pohyb	18
4.5 Dýchání	22
5. Závěr	24
6. Použité zdroje	25

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ph.Dr. Radimu Pavelkovi, Ph.D. za odborné vedení a podporu při tvorbě závěrečné práce a za mnoho podnětných informací týkajících se zvolené problematiky. Dále bych rád poděkoval:

- Kamil Guzek (Karate Spartak Hradec Králové z.s., prezident SKIF CZ) – propojení metodiky nácviku techniky karate s využitím svalových řetězců a spirální stabilizace
- MUDr. Richard Smíšek, MUDr. Kateřina Smíšková – originální metoda SPS-M Spirální stabilizace^{®©} neboli SM Systém^{®©} – význam spirálních a vertikálních svalových řetězců
- Jaromír Musil (NIDOSHINKAN Dojo, z.s., viceprezident pro sport ČSKe z.s.) – metodika vedení tréninkových jednotek, sportovní příprava dětí
- Michal Slávik (reprezentační trenér Mate's Brno a KODOKAI BRNO, z.s.) – výkonnostní sportovní příprava mládeže
- Adam Křivka (SVČ Domeček Brno) – konzultace v oblasti fyziky a mechaniky

Během této seminární práce byly zpracovány dlouholeté poznatky, které se opřely o znalosti významných mistrů karate-do:

- Soke Hirokazu Kanazawa, 10.dan (SKIF)
- Kancho Nobuaki Kanazawa, 8.dan (SKIF)
- Shuseki Shihan Manabu Murakami, 8.dan (SKIF)
- Shihan Masaru Miura, 9.dan (SKI-I)
- Shihan Jan Sochatzi, 8.dan (ČSKe)
- Renshi Kevin Leigh, 5.dan (SKKIF UK)

Závěrem mé poděkování patří Petře Štenclové (3.dan Goju Ryu), která nejen, že konzultovala každou větu této práce, ale především mi umožnila studovat všechny detaily pohybu a potřebných kompenzačních technik.

1. Úvod

Pohyb je základním principem života. U člověka zajišťuje rozvoj pohybového aparátu, podporuje činnost vnitřních orgánů, zajišťuje látkovou výměnu, dopravuje potřebnou energii, vitamíny a minerály, odstraňuje toxické látky z těla, stimuluje produkci endorfinů, harmonizuje nervový systém atd. Působí ale také při směřování psychické stránky člověka k vyšší seberealizaci a zdokonalování. Pohyb je tedy nedílnou součástí zdravého vývoje tělesné, ale také duševní stránky každého lidského jedince a má i svou socio-kulturní stránku (např. pohyb jako komunikační prostředek).

Jedním z typických rysů dnešní doby je pohybová nedostatečnost neboli hypokineze. Ta se projevuje jak v útlém, tak dospělém věku života. Jak uvádí Perič (1), dle světové zdravotnické organizace (WHO) umírá až 2 miliony lidí ročně z důvodu pohybové neaktivity. Dospívající mládež by měla z pohledu zdravého rozvoje věnovat alespoň jednu hodinu denně středně intenzivní fyzické zátěži a 2 až 3× týdně zapojit intenzivní zátěž se specifickou sportovní činností. Podle statistik OECD z roku 2010 toto splňuje v České republice pouze 22 % dětí. To znamená, že s hypokinezí nemá problém pouze každé 6.-8. dítě. Dá se předpokládat, že se tato situace za posledních 10 let ještě zhoršila, což je varující situace.

Trenéři sportovních klubů se tak setkávají se začínající členskou základnou, která nemá základní pohybové návyky, ani správně vybudovanou svalovou soustavu, nezvládají koordinační pohybové činnosti, jsou náchylní ke skolióze páteře, vymknutí kotníku, bolesti kolen apod. Doba kdy děti samy o sobě denně běhaly, skákaly, lezly po stromech, padaly, je nenávratně pryč a tomu je třeba přizpůsobit přístup i tréninkové metody. Dnešní trenér je tak konfrontován s potřebou komplexního přístupu k tréninkovým metodám a s potřebou odborné znalosti v oblasti lidského těla a sportovní přípravy.

2. Cíl projektu

Cílem této seminární práce je poukázat na základní principy pohybu a potřeby součinnosti jednotlivých systémů lidského těla tak, aby docházelo k zdravému rozvoji každého jedince. Zároveň tak poukázat na důležitost odborné znalosti trenérů v oblasti sportovní přípravy vzhledem k současnému trendu, kdy převládá počet dětí, které trpí hypokinezí a nemají správné pohybové návyky.

Na základě vědecky podloženého odborného přístupu je cílem seminární práce také zbořit mýty mezi tradičním a sportovním pojetím karate. Tradiční přístup totiž většinou preferuje zdokonalování vnitřní techniky oproti sportovnímu přístupu, který je z hlediska soutěžních pravidel hodnocen především kvantitativně, tedy na základě vnějšího provedení (viz kapitola 3. Základy biomechaniky). Právě symbióza vnitřní a vnější techniky vede k maximálnímu výkonu daného sportovce a oba přístupy jsou tedy komplementární. Je zřejmé, že z pozice vedení sportovního tréninku je práce na zdokonalení vnitřní techniky metodicky náročnější a nesetkává se tolik s pochopením začínající mládeže, která v dnešní rychlé době netrpělivě vyžaduje brzké sportovní výsledky. Tím se často preferuje raná specializace oproti všeobecnému rozvoji a dochází tak k negativnímu vlivu na zdraví a výkon sportovce z dlouhodobého hlediska. Český svaz karate, jako představitel olympijského sportu, správně

zareagoval na současné trendy společnosti a zařadil tak do soutěžního řádu nové disciplíny, které kladou důraz na všeobecnou přípravu začínajících sportovců.

Zdokonalování vnitřní techniky přichází s tréninkovými zkušenostmi (mnohdy záleží více na pochopení či procítění vnitřních dějů) a zde hraje významnou roli odborný přístup. Tento může být zajištěn v klubu, v rámci vrcholové přípravy reprezentačními trenéry, fyzioterapeuty, stylovou organizací (JKA, SKIF, OGKK atd.), která klade důraz více na provedení a účinnost techniky, nebo nejlépe kombinací všeho uvedeného.

Jak uvádí Perič (1) výkon sportovce ovlivňuje více faktorů (somatické, kondiční, technické, taktické, psychické), a proto je důležité věnovat se komplexní přípravě vedení sportovního tréninku.

Hlavní část seminární práce je zaměřena na ukázkou a důležitost odborného porozumění v oblasti biomechaniky. Věnuje se především základům mechaniky kosterní soustavy a úzce navazujících svalových partií. Specificky se zaměřuje na oblast pohybu dolních končetin a stabilizaci postojů v karate s důrazem na práci chodidel, kolenního kloubu, kyčelního kloubu, pánve a stabilizace páteře. Jako oblast analýzy byl vybrán postoj Kokucu-Dači, který je typický pro styl Šotokan. Nejprve se věnuje statickému postavení tak, aby bylo dosaženo co nejstabilnější pozice. Následně je diskutována odlišná mechanika pohybu přímočarého a křivočarého přechodu (s rotací) v Kokucu-Dači a jeho vliv na sílu či účinnost techniky (viz kata Gankaku). Veškeré materiály byly pořízeny a zpracovány v rámci sportovního klubu KODOKAI BRNO z.s.

3. Základy biomechaniky

Biomechanika se zabývá mechanickými zákonitostmi a fyziologickými stavy živých organismů. V našem případě se věnuje pohybu lidského těla, jeho mechanickým vlastnostem ve spojení s pohybovými, opěrnými a řídicími subsystémy. Studium biomechaniky je důležité k pochopení správné techniky pohybu a maximální účinnosti ať už při sportovním výkonu nebo vlivu provedené techniky na pohybový aparát soupeře.

Biomechanika lidského těla může být rozdělena dle Čapka (2) na několik oblastí:

- biomechanika kostního aparátu a kloubů
- biomechanika svalů a svalových řetězců
- biomechanika srdce a cév
- biomechanika lidské kůže

V našem případě se budeme soustředit na biomechaniku kostního aparátu, svalů a svalových řetězců.

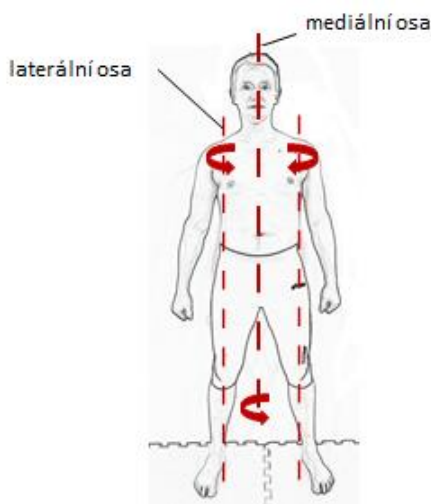
Každý sportovec obecně řeší buď jednoduché nebo složité pohybové úkony. Řešení takového pohybu probíhá na základě **sportovní techniky** (úroveň řízení motoriky), která je řízena neurofyziologickými mechanismy lidského těla (závisí na kondičním, somatickém a psychickém stavu sportovce). Sportovní technika se rozvíjí v rámci specializace a osvojuje se formou motorického učení. Vytváří se tak **pohybová dovednost**.

Technika se obecně dělí na vnější a vnitřní. Právě symbióza mezi těmito pohybovými dovednostmi zajišťuje efektivní zvládnutí pohybového úkonu. **Vnější technika** (struktura pohybu) představuje harmonický sled pohybů jednotlivých segmentů lidského těla, které lze vizuálně hodnotit (dráha, směr, rychlost, přesnost, plynulost apod.). Oproti tomu je **vnitřní technika** dána pohybovými vzorci koordinovaných stabilizačních systémů, svalů a svalových řetězců, pohyblivostí kostního aparátu a kloubů, energetickými systémy atd. Jedná se tedy o **pohybové schopnosti** daného sportovce založené na jeho vnitřním neurofyzilogickém základě.

Biomechanika zkoumá na základě fyzikálních zákonů a mechaniky tzv. příčiny a průběh pohybu. Díky porozumění principů biomechaniky tak lze definovat či analyzovat efektivní provedení daného pohybu či celého souboru technik. Dle Kalichové (4) je **biomechanika také důležitá z pohledu zdravého rozvoje sportovce, jelikož zkoumá vlastnosti jednotlivých systémů pohybového aparátu člověka, a tedy správné provedení z hlediska mechaniky kosterního aparátu a kloubů.**

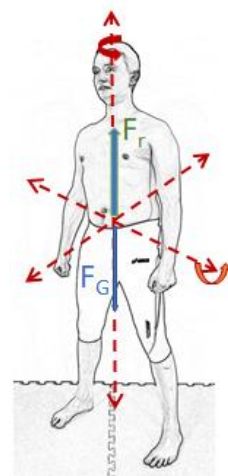
3.1 Geometrie lidského těla a fyzikální základ biomechaniky

Biomechanika čerpá především z fyzikálních poznatků kinematiky a dynamiky. **Kinematika** se zabývá kvantitativním popisem různých změn pohybů (např. dráha, úhel, rychlost, zrychlení apod.). Naproti tomu **dynamika** zkoumá pohyb z hlediska působení sil, tedy zabývá se příčinou pohybu (typickými veličinami dynamiky jsou hybnost a energie). Částí dynamiky je také statika, která řeší princip rovnováhy těles, a hraje roli především při každém začátku a konci pohybu.



Obrázek 1 Základní geometrie lidského těla (foto: autor)

K porozumění biomechaniky lidského těla je zapotřebí uvědomit si základní geometrii tvořenou anatomickými rovinami a směry (viz Obr. 1). Mediální osa (centrální) tvoří mediální rovinu, která dělí tělo na dvě symetrické části, levou a pravou polovinu. Je zřejmé, že centrální osa je v případě pohybu v technikách karate základem pro rotaci především horní části těla. Laterální (postranní) osy vytvářejí soubor rovin rovnoběžných s rovinou mediální a tvoří tak základ rotace při pohybu dolních končetin. Kostra lidského těla představuje dokonalý soubor pákových systémů, které převádějí jednotlivá zatížení a pracují tak se středy jednotlivých os. Např.



Obrázek 2 Centrální těžiště (foto: autor)

střed laterální osy se mění na základě změny těžiště těla (viz níže).

Pro docílení maximální energie pohybu (v dynamické fázi) je především důležité pochopit význam polohy náklonu těchto rovin. V neutrální pozici tvoří průsečík jednotlivých os tzv. centrální těžiště těla (ve významu bojového umění nazývané „seika tanden“ nebo „hara“, energetický střed). Takovéto těžiště se nachází v malé pánvi, přibližně ve

výšce druhého nebo třetího křížového obratle (viz Obr. 2). Jeho umístění je závislé na poloze jednotlivých segmentů těla a s každým pohybem se mění.

V rovnovážné poloze působí na centrální těžiště svislá tíhová síla F_G , která směřuje k podložce. Proti ní působí stejně velká reakční síla podložky F_R . Výslednice sil je tedy nulová a lidské tělo zůstává v klidu (viz první pohybový zákon).

3.1.1 Kinematika

Jak již bylo zmíněno, kinematika se zabývá kvantitativním popisem pohybu. Při každé sportovní činnosti existuje různě složitý pohyb, který se v základu skládá z pohybu translačního (posuvného) a rotačního (otáčivého). Při translačním pohybu opisují všechny body tělesa rovnoběžné dráhy a mají stejnou rychlost v daném okamžiku (např. chodidlo přední nohy při dokročení do Kokucu-Dači). Při rotačním pohybu opisují všechny body tělesa kružnici se středem osy v bodě rotace (např. ramena nebo chodidlo zadní nohy při dokročení do Kokucu-Dači). V případě pohybu sportovce provádějící techniky karate se jedná převážně o pohyb kolem volné (okamžité) osy. Pevná osa se vyskytuje např. u gymnasty, který se otáčí kolem hrazdy (osa je stálá, neměnná).

Základní fyzikální veličiny kinematiky jsou:

- okamžitá a průměrná přímočará rychlost
- obvodová a úhlová rychlost
- přímočaré zrychlení (může být rozloženo na tečné a dostředivé)
- obvodové a úhlové zrychlení

3.1.2 Dynamika

Dynamika se zabývá příčinami a následky pohybu, tedy vzájemným působením těles. Základní fyzikální veličinou dynamiky je vektor síly F [N], který je určen polohou, směrem působení a velikostí. Dle charakteru a druhu pohybu rozlišujeme síly na:

- tíhové a reakční
- přímočaré (translační pohyb)
- dostředivé a odstředivé (rotační pohyb)
- setrvačné atd.

Existují tzv. statické účinky síly, které ovlivňují naši stabilitu (rovnováhu) anebo dynamické účinky síly, které umožní uvést celé lidské tělo, popř. jeho části, do pohybu. V rámci studia dynamiky lidského pohybu existují také vnitřní a vnější síly působení.

Jak uvádí Hall (5) **vnitřní síla** vzniká především kontrakcí svalového systému, ale také elastickou akumulací kinetické energie, např. elasticitou šlach. Každá akční síla svalového vlákna, svalové skupiny či svalových řetězců vyvolává reakční sílu opačného směru, která se řetězí a přenáší jednotlivými segmenty lidského těla. Význam svalových řetězců a jejich synergických vazeb tak hraje zásadní roli nejen v akumulaci síly, ale především efektivity jejího přenosu.

Vnější síla je tvořena okolními vlivy a fyzikálními zákonitostmi jako jsou např. tíhová (gravitační) síla, odstředivá síla, třecí síla podložky apod. Porozumění působení vnějších sil v harmonii s vnitřní silou je základem maximálního sportovního výkonu (např. využití odstředivé síly u rotačních pohybů).

Vztah mezi pohybem těles a silami popisují tři Newtonovy zákony dynamiky:

1. Zákon setrvačnosti (1. pohybový zákon)

První pohybový zákon říká, že těleso zůstává v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu, pokud je součet vnějších sil roven nule.

Příkladem prvního pohybového zákona může být rovnovážná poloha v postoji Heiko-Dači (Obr.2), kde proti sobě působí tíhová síla F_G a reakční síla podložky F_R . Tíhová síla F_G je dána gravitačním zrychlením země a hmotností lidského těla:

$$F_G = m \cdot g \quad [N] \quad [1]$$

kde m (v kg) označuje hmotnost tělesa a g gravitační zrychlení na povrchu země ($g=9.81 \text{ m/s}^2$).

2. Zákon síly (2. pohybový zákon)

Druhý pohybový zákon říká, že pokud je výslednice všech působících sil na těleso nenulová, dochází ke zrychlení, zpomalení či ke změně směru pohybu tělesa.

Důležitý je směr působení síly. Pokud působí ve směru pohybu, dochází ke zrychlení v opačném případě ke zpomalení, popř. vychýlení ze směru. Zde hraje zásadní roli pákový (převodový, kloubní) systém lidské kostry, který převádí směr působení v harmonii s využitím vnitřní a vnější síly.

$$F_1 = m \cdot a \quad [N] \quad [2]$$

kde F označuje výslednici sil a a výsledné zrychlení tělesa.

Druhý pohybový zákon vyjadřuje vztah mezi výslednicí působících sil, zrychlením tělesa a hmotností tělesa.

3. Zákon akce a reakce (3. pohybový zákon)

Třetí pohybový zákon popisuje vzájemný vztah působení sil mezi dvěma tělesy. Jedná se vždy o síly stejné velikosti, avšak opačného směru, které současně vznikají a zanikají. Pochopení tohoto zákona je zásadní pro maximální výkon ve sportu.

Ve zjednodušeném případě např. výsledná akční síla útoku Oi-Cuki vyvolá u obránce s technikou Šuto-Uke reakční sílu, která je stejně velká, ale opačného směru. Jedná se však o působení sil jiných těles, které mají jinou hmotnost. Pohybové účinky takového působení vzájemně si rovných, avšak opačných sil, budou tedy odlišné (viz 2. pohybový zákon).

Je potřeba si uvědomit, že vzájemné působení dvou těles je rovněž příčina pohybu a nastává např. mezi sportovcem a Zemí. Pro porovnání a význam uveďme pozici běžce, který startuje z bloku. Takový běžec vyvolá tlakovou sílu do bloku (Země) a tím vznikne reakční síla opačného směru, která uvede do pohybu sportovce o hmotnosti m se zrychlením a . Síla, kterou působí běžec na Zemi, má minimální účinek, protože Země

je mnohonásobně hmotnější než běžec. V případě startu z bloku vzniká mnohem větší reakční síla mezi podložkou a sportovcem než při startu běžce volným způsobem. Toto je zásadní pochopení také pro pohyb v karate, tedy především pro generování výbušné síly, startu a volného průběhu pohybu dané techniky. **U jakékoliv pohybové činnosti se setkáme vždy se všemi pohybovými zákony.**

Z pohledu dynamiky v karate je potřeba uvést další fyzikální zákonitosti a veličiny, které zásadně ovlivní sportovní výkon a účinek techniky. Kromě výše uvedeného je tedy důležité porozumět významu impulzové věty, zákonu zachování hybnosti, dráhovému účinku síly, kinetické energii, energii otáčivého pohybu, momentu síly, momentu setrvačnosti, momentu hybnosti apod. Je nad rámec této seminární práce popsat celou teorii dynamiky. Proto se budeme věnovat pouze důležitým parametrům souvisejícím s rozbohem v kapitole 4.

Pohybový účinek síly neboli hybnost p , závisí na hmotnosti tělesa m a na jeho rychlosti v .

$$p = m \cdot v \text{ [kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad [3]$$

Rozdíl hybnosti tělesa je roven impulzu síly, která je potřeba k uvedení do pohybu či zastavení. Po matematické úpravě bychom získali impuls síly takto:

$$I = \Delta p = m \cdot \Delta v = F \cdot \Delta t \text{ [N} \cdot \text{s}] \quad [4]$$

Z rovnice [4] vidíme, že pohybový účinek síly závisí na velikosti síly F a na době působení Δt , nebo také na hmotnosti tělesa m a jeho rychlosti Δv . Zde hovoříme o tzv. dynamické síle. Pokud vezmeme v úvahu danou hmotnost lidského těla nebo jeho části, veličina, se kterou lze pracovat pro dosažení maximálního pohybového účinku, je **rychlost**. Maximální rychlost je dána uraženou dráhou za co nejkratší čas. Jinak řečeno např. v jednoduchém pohybu blokující ruky Šuto-Uke musí mít co nejdelší dráhu pohybu v co nejkratším čase. Dráhu ovlivní správné provedení (vnější technika) a čas svalová výbušnost a harmonický přenos jednotlivými subsystemy lidského těla (vnitřní technika). Pokud uvážíme komplexní pohyb celého těla se vztažnou soustavou mimo zkoumané těleso (např. z pohledu protivníka), konečná rychlost ruky v technice Šuto-Uke je součet rychlostí jednotlivých subsystemů (např. rychlost dolních a horních končetin, přímých i rotačních složek). Pro dosažení maximální rychlosti v konečné fázi pohybu je potřeba, aby pohyb všech částí těla byl správně prováděn a časován.

Veškerý pohyb nevzniká samovolně, ale je k tomu zapotřebí dostatek energie. Další významnou fyzikální veličinou je tedy kinetická energie E_k [J], která udává práci potřebnou k uvedení tělesa do určité rychlosti. Opačně, pokud chceme zastavit (blokovat) těleso, které má kinetickou energii E_k , musíme vynaložit tomu odpovídající práci. Rychlost v hraje opět důležitou roli, jelikož kinetická energie roste s její druhou mocninou (dvakrát větší rychlost zvětší kinetickou energii čtyřikrát).

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \text{ [J]} \quad [5]$$

U translačního pohybu závisí kinetická energie na hmotnosti tělesa m a přímočaré rychlosti v .

Doposud jsme se rotačnímu pohybu věnovali jen okrajově. Nicméně jak bylo zmíněno výše, pohybové vzorce lidského těla jsou dány jak translačním, tak rotačním pohybem. K tomu jsou přizpůsobeny synergické vazby lidského těla (především svalové řetězce, viz kap. 3.2). U sportovních činností většinou dochází k otáčení určitých segmentů těla kolem více os současně.

Příkladem může být opět blok Šuto-Uke, při němž dochází k rotaci předloktí a ruky kolem osy kosti předloktí a zároveň k rotaci předloktí kolem osy loketního kloubu, rotací horní části těla kolem středové osy atd.

Každé těleso je uvedeno do rotačního pohybu pomocí síly. Míru otáčivého účinku síly definuje fyzikální veličina **moment síly** M dána vztahem:

$$M = r \times F \quad [N \cdot m] \quad [6]$$

kde F označuje velikost působící síly a r rameno síly neboli kolmou vzdálenost od osy otáčení k přímkce rovnoběžné s vektorem síly F . Je zřejmé, že moment síly roste s velikostí působení síly F a také s velikostí ramene r . Pro představu fotbalista, který působí na míč silou F přesně do středu osy otáčení míče, odkopne jej translačním pohybem bez rotace. V případě, že působí na míč mimo osu, nastává rotace míče, a to tak velká, jaká je vzdálenost od středu osy neboli velikost ramene r .

Toto je důležitý princip přenosu translačního a rotačního vektoru síly v rámci lidského těla. Např. jestliže výslednice sil bloku Šuto-Uke má směřovat vpřed k soupeři po směru postoje Kokucu-Dači musí být rameno r u všech rotačních pohybů co nejmenší. Zde bychom mohli porovnat různé přístupy stylů bojového umění na základě výsledné práce s protivníkem, jelikož vše vychází ze základů biomechaniky (např aikido vs karate).

Jak bylo popsáno výše, pohyb lidského těla je velmi komplexní a skládá se z mnoha rotačních a translačních pohybů, které se vzájemně ovlivňují. Výsledný účinek rotačních sil je dán vektorovým součtem všech působících momentů sil M_1 až M_n a výsledný účinek translačních sil je dán vektorovým součtem F_1 až F_n .

U rotačního pohybu je kinetická energie E_k [5] dána úhlovou rychlostí ω a momentem setrvačnosti J . Moment setrvačnosti vyjadřuje míru setrvačnosti tělesa při kruhovém pohybu, která závisí na hmotnosti jednotlivých bodů m a vzdálenosti od osy rotace r :

$$J = m_1 \cdot r_1^2 + m_2 \cdot r_2^2 + \dots + m_n \cdot r_n^2 \quad [kg \cdot m^2] \quad [7]$$

Komplexní pohyb lidského těla často mění rozložení své hmoty k aktuální ose otáčení. Tím se také mění celkový moment setrvačnosti během prováděného pohybu.

V rámci rotačního pohybu existují další fyzikální veličiny stejně jako u translačního pohybu (moment hybnosti – točivost, impulz momentu síly atd.). Z hlediska sportovního výkonu je důležité zmínit ještě zákon zachování momentu hybnosti, který říká, že v izolované soustavě se celkový moment hybnosti s časem nemění:

$$M \cdot t = J \cdot \omega \quad [8]$$

Levá strana rovnice [8] tedy představuje impulz momentu síly (rotační impulz) a pravá moment hybnosti. Ze zákona zachování hybnosti vyplývá, že změnou momentu setrvačnosti těla lze regulovat rychlost otáčení. Uvážíme-li tedy v rotačním pohybu konstantní moment hybnosti, danou hmotnost sportovce či části těla, pak změnou poloměru rotace r přímo úměrně změníme úhlovou rychlost ω . Například u krasobruslaře točícího se kolem své středové osy tak dojde k výraznému zrychlení otáčení, pokud roztažené ruce sbalí k tělu.

Zjednodušeně řečeno, zkracování poloměru rotace jednotlivých částí přechodu v postoji Kokucu-Dači s technikou bloku Šuto-Uke zvýší výslednou úhlovou rychlost. Pokud navíc půjde o pohyb vpřed se zkracováním poloměru až k ose pohybu (r se postupně blíží k nule) dosáhneme maximálního účinku výsledné translační síly pomocí správné (vnější) techniky provedení. Porozumění rotační složky v pohybu je proto velmi důležitý princip z hlediska výkonu sportovce.

3.2 Synergické vazby lidského těla

Lidské tělo je především soustava těles, které jsou vzájemně propojeny do komplexního pohybového systému. Základem je lidská kostra, která se skládá ze souboru kostí navzájem propojených kloubním spojením zajišťující pohyb ve velkém rozsahu. Lidská kostra je pasivní oporou těla, na níž se upínají svaly, které zajišťují aktivní část, tedy pohyb.

Při pohybu nikdy nepůsobí na soubor kostí či jednoduchý segment lidského těla pouze jediný sval. Jedná se o souhrn svalového systému. Např. pohyb kyčelního kloubu, který má charakter čisté sférické kinematické dvojice je řízen 22 svaly, pohyb kolenního kloubu 15 svaly se 4 funkcemi (flexe, extenze, zevní a vnitřní rotace) atd. Jak uvádí Kalichová (3) je potřeba uvést, že svaly neboli jejich šlachová síla má dvě základní funkce. Jednak zajišťuje pohyb, ale také přispívá ke stabilizaci kloubního spojení.

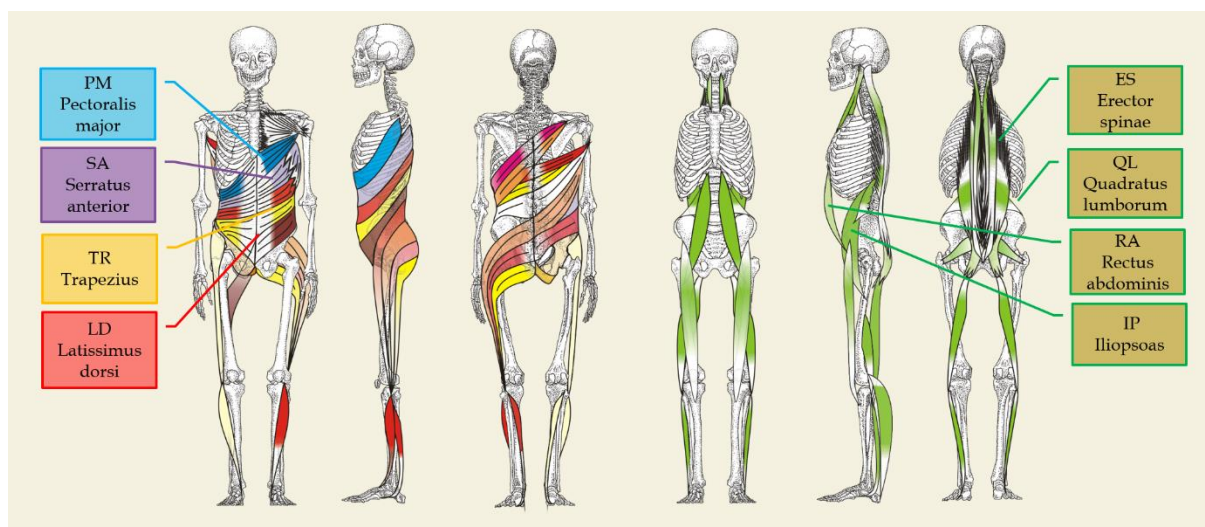
Fyzikálně vzato, příčinou pohybu je působení sil, které tělo uvedou do pohybu, zrychlují či zpomalují. Jedná se o tzv. kinematický řetězec na sebe navazujících segmentů, které jsou rozpožhybovány svalovou soustavou. Jednotlivé svaly jsou propojeny do svalových smyček a řetězců. Proporcionalní zapojení řetězců se mění v průběhu pohybu a vzájemně na sebe navazují.

V rámci této práce se zabýváme především správnou technikou provedení, která zlepšit sportovní výkon nad úroveň výkonu primárního pohybového systému. Opomeneme tedy fyziologický mechanismus plyometrie (vliv výbušné síly) primárních svalů a zdůrazníme význam stabilizačního systému (tzv. sekundární svalový systém).

Studiem svalových řetězců a spirální stabilizace se zabývá MUDr. Richard Smíšek (6), který vytvořil světově unikátní metodu SPS-M Spirální stabilizace®© neboli SM Systém®© podporující kondici, prevenci a léčbu nejen chronických pacientů s poruchou páteře (výhřez meziobratlového disku, skolióza), ale také vrcholových sportovců. Tato originální metoda MUDr. Richarda Smíška je prověřena 40letou praxí na základě spolupráce se světovými odborníky, vrcholovými sportovci a také pacienty.

Základem jsou vertikální svalové řetězce, které zajišťují stabilizaci lidské kostry a kloubního spojení v klidu, a spirální svalové řetězce, které zajišťují stabilizaci v pohybu. Cílem metody je stabilizovat střed těla především aktivací svalových řetězců m. latissimus dorsi (LD – široký sval zádový), spirálních svalových řetězců m. trapezius (TR – sval kápový), m. serratus anterior (SA – přední sval pilovitý) a m. pectoralis major (PM – velký sval prsní), které zajišťují stabilizaci trupu v pohybu (viz Obr. 3). LD a TR stabilizují dolní část břišní stěny, přičemž SA stabilizuje střední část a PM horní část břišní stěny. Správná vyváženost a plný rozsah těchto základních čtyř řetězců zajišťuje správnou koordinaci a stabilitu pohybu od hlavy až ke konečkům prstů na noze.

Jak bylo uvedeno výše, lidská kostra je pákový systém, převádějící jednotlivé síly formou přenosu dle stavby a struktury kosterního a kloubního systému, přičemž svaly jsou současně hnacím i stabilizačním prvkem. Na Obr.3 můžeme vidět příklad spirálních vertikálních svalových řetězců zajišťujících stabilitu celé kostry lidského těla, jak uvádí ve své práci Smíšek (6). Od postavení hlavy, krční páteře, hrudní kosti, žeber, páteře, pánevní kosti, stehenní kosti, kolenního kloubu, holenní kosti, lýtkové kosti, kotníku atd. Znamená to, že práce se svalovými řetězci zajišťuje zpevnění trupu mezilopatkovými svaly, břišní stěny šikmými břišními svaly, zpevnění pánve velkým hýžd'ovým svalem, vytvoření klenby nožní předním a zadním holenním svalem atd., které zajistí správnou polohu a fixaci páteře, kyčelního kloubu, kolenního kloubu, kotníku, nožní klenby atd.



Obrázek 3 Spirální dynamické a vertikální statické svalové řetězce (zdroj: Svalové řetězce, MUDr. Richard Smíšek)

Obecně lze říci, že napětí vertikálních a oslabení spirálních svalových řetězců vede k nadměrnému zatížení páteře, a tak ke vzniku bolesti zad. V případě dlouhodobé nesprávné činnosti tak může dojít k degeneraci, popř. až k výhřezu disku. U sportovní činnosti je tedy potřeba brát v úvahu techniku prováděného pohybu a vyvarovat se tělu nepřírozeným pohybům. Oproti tomu lze problémy s bolestmi zad, skoliózou, popř. hyperlordózou léčit relaxací vertikálních a posílením spirálních svalových řetězců. Ve sportu je důležité každou nerovnoměrnou činnost svalového systému pravidelně kompenzovat.

Metoda SPS-M Spirální stabilizace® nabízí kompenzační cvičení stabilizačních svalů pro zlepšení rovnováhy a snížení přetížení kloubů a páteře. Zároveň svým aktivním strečinkem snižuje napětí ve svalech a zlepšuje protažení zkrácených svalů (snižuje dysbalanci) vedoucí k dosažení lepšího výkonu. Je nutné zdůraznit, že dobrá aktivace spirálních svalových řetězců vyžaduje splnění těchto principů: vertikální osa těla (chybou je pohyb v předklonu i záklonu), svalová balance v pletenci ramenním, pánevním a trupu, dostatečný rozsah pohybu v pletenci pánevní a ramenním, optimální koordinace pohybu ve směru svalových spirál.

V oblasti sportovní techniky karate můžeme vidět komplexní využití a propojení primárních a sekundárních svalových skupin, vertikálních a spirálních svalových řetězců apod. Procvičování a zdokonalování prováděné techniky karate tedy jednoznačně pomáhá k posílení stabilizačního systému, jelikož tyto techniky jsou založeny na základech fyziologie a biomechaniky lidského těla.

4. Biomechanika Karate

Jak již bylo uvedeno, lidské tělo představuje komplexní systém, jehož základ z hlediska mechanismu pohybu tvoří lidská kostra a svalový systém. Lidská kostra svou stavbou a kloubními vazbami ovlivňuje přenos jednotlivých silových složek jak ve statickém stavu, tak v dynamickém pohybu. Porozumění základním principům jednotlivých vazeb, svalových řetězců a znalost kosterní soustavy je základem zdravého a maximálně účinného pohybu. K tomu je potřeba přidat význam svalového systému, jehož směr působení, velikost generované síly a cílový bod vytváří zásadní triádu pro znásobení a přenos kinetické energie lidským tělem. Každý subsystém lidského těla hraje v případě postupného přenosu energie od počátku pohybu až po samotný cíl důležitou roli.

Karate jako bojové umění vycházející ze staletími propracovaného systému pohybu využívá maximální potenciál lidského těla. Je nutné si uvědomit, že základem našeho pohybu byl lov, tedy pohyb vpřed. Z tohoto důvodu je lidská kostra i celý svalový systém vyvinut tak, že dokáže v přímém směru vygenerovat největší kinetickou energii, popř. čelit největší externí síle (příkladem může být reakce lidského těla na čelní a boční náraz v autě). K tomuto účelu má lidské tělo velmi propracovaný systém primárních svalových skupin a sekundárních svalových řetězců, které se využívají ke **koordinaci a stabilizaci** dynamického pohybu. Tyto svalové řetězce plní svou funkci pouze v případě zapojení všech částí těla (např. ve stojné poloze), v důsledku čehož velmi často degenerují vlivem dnešního sedavého životního stylu.

Cílem této seminární práce je přenos poznatků z kinematiky, dynamiky a synergických vazeb lidského těla na studium pohybu v bojovém postoji Kokucu-Dači (KkD). Jedná se o bojový postoj, jehož význam a využití je právě u stylu Šotokan typický jak pro obranné, tak útočné techniky. Zároveň také představuje jeden z nejkompexnějších bojových postojů z hlediska biomechaniky, který se procvičuje již od základních sestav karate (tzv. kata).

V předešlé kapitole jsme probrali význam síly a rychlosti. V případě dynamické techniky karate s co největším účinkem musíme pracovat především s fyzikálním vektorem rychlosti a se synergickými vazbami lidského těla, které kumulují a transformují translační a rotační pohyb ve výslednou kinetickou energii E_k .

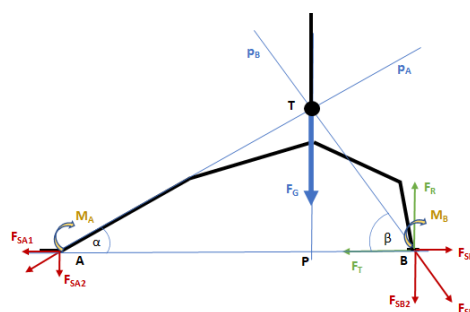
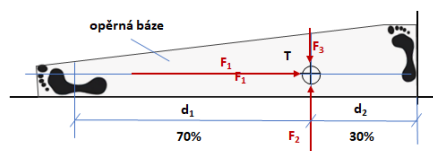
Jak bylo uvedeno, u jakékoliv pohybové činnosti se setkáme vždy se všemi pohybovými zákony. Základní pohyb v postoji KkD začíná statickým postavením, kde se uplatňuje 1. pohybový zákon. Následný přechod z postoje do postoje, kdy dochází k akci a reakci stojné nohy s podložkou (odraz), popř. střet s protivníkem, se děje na základě 2. a 3. pohybového zákona. Je potřeba zdůraznit, že tento pohyb je natolik kvalitně proveden a kontrolován, nakolik dokážeme své pohybové vzorce koordinovat a stabilizovat pomocí synergických vazeb lidského těla (např. spirálními a vertikálními svalovými řetězci).

4.1 Stabilita a rozklad sil

Stabilita tělesa, v našem případě bojového postoje KkD, je důležitým parametrem především při obranné technice, kdy je zapotřebí maximálně efektivně čelit přímočaré síle protivníka. Na druhou stranu, bojové umění je o neustálém pohybu, proto je nezbytné rychle přecházet z více stabilní pozice do méně stabilní a zpět. Zároveň tak síla protivníka může být využita k přenosu energie pro následnou protiakci. Analýza proto nesmí být založena pouze na jediném parametru, ale na komplexní sadě vlastností ucelených pohybů.

Stabilita obecně udává velikost mechanické práce, která je zapotřebí k uvedení tělesa, v našem případě lidského těla, do nerovnovážné pozice. Je závislá především na tzv. opěrné bázi neboli ploše uvnitř křivky, která opisuje opěrné body postoje (viz. Obr. 4). Stabilitu ovlivňují pozitivně tyto faktory:

- větší hmotnost lidského těla
- větší třecí síla k podložce
- větší plocha opěrné báze
- nízká vertikální poloha těžiště
- horizontální poloha těžiště co nejvíce ke středu postoje
- působení svalové síly
- velikost plochy opěrných bodů
- správné postavení a tlak opěrných bodů atd.



Obrázek 4 Základní rozložení sil v postoji KkD (zdroj: autor)

Z výše uvedeného můžeme definovat, že stabilita roste především s větší hmotností, s nižší polohou těžiště a s větší vzdáleností horizontálního středu těžiště od bodu překlápění. K tomu je ovšem třeba započítat reakci komplexního stabilizačního systému, který neustálými korekcemi upravuje rovnovážný stav, tedy přenos a směr působení svalové síly. Pokud dojde k posunu těžiště mimo opěrnou bázi, začne působit 2. pohybový zákon, dojde ke zrychlení pohybu těla a v nejhorším případě může dojít k pádu.

Na Obr. 4 lze názorně vidět velikost plochy opěrné báze postoje KkD a z toho odvozené maximální velikosti sil působící na těžiště tak, aby zůstalo těleso (lidské tělo v postoji KkD) v klidu. Velikost síly F_1 , F_2 a F_3 tak ilustrativně znázorňuje stabilitu postoje v daném směru působení. Názorně tak lze vidět, že postoj KkD je nejstabilnější v případě působení externí síly v přímém směru oproti silám působícím ze strany.

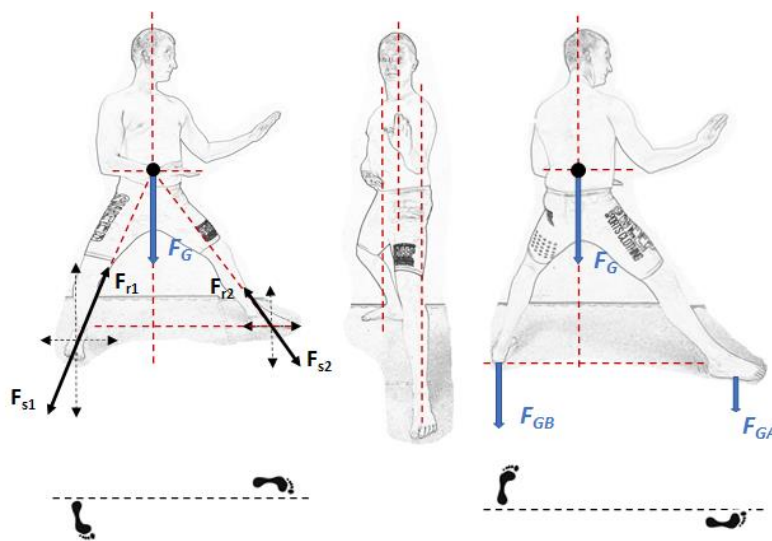
Pokud je těleso v klidu, musí být velikost celkového momentu sil M_A a M_B rovno nule. Z toho lze dále matematicky odvodit, že se tíhová síla F_G rozloží do opěrných bodů A a B v poměru AP/BP :

$$\frac{F_{GA}}{F_{GB}} = \frac{|BP|}{|AP|} \quad [9].$$

Pro případ postoje KkD v klidu to znamená, že pokud je poloha těžiště v poměru vzdáleností $BP/AP = 3:7$ rozložení tíhové síly F_{GA}/F_{GB} je rovněž ve stejném poměru. V praxi to znamená, že poloha těžiště určuje rozložení hmotnosti mezi jednotlivé opěrné body.

Z pohledu stavby lidské kostry, především polohy kyčelní a křížové kosti v návaznosti na páteř a polohu dolních končetin, je důležité dodržovat správnou techniku provedení postoje KkD, především náklon mediální a laterální osy, postavení předního a zadního chodidla, nastavení kosti pánevního pletence atd. (viz Obr. 5). V případě špatného postavení se účinnost postoje snižuje, ale především dochází dlouholetým cvičením ke zbytečnému poškození kloubů a páteře. Zároveň je potřeba si uvědomit, že správná technika provedení ovlivňuje rozklad jednotlivých vektorů sil až k opěrným bodům.

Při přechodu v postoji KkD jsou jednotlivé vektory síly každého subsystému směřovány ve prospěch pohybu a dochází tak ke kladnému vektorovému součtu sil. Zároveň je v této pozici díky rozložení těžiště a hmotnosti generována větší potenciální energie zadní nohy (Hookův zákon pružné deformace), čímž se výsledná kinetická energie pohybu E_k maximalizuje. Častou chybou je horizontální poloha těžiště více ke středu postoje, zadní noha natočená mimo směr pohybu, záklon mediální osy, vyosení roviny pánve apod., což sice představuje stabilnější pozici v klidu, ale v případě dynamického pohybu vpřed dojde k negativnímu rozkladu působení sil a velké ztrátě generované kinetické energie E_k .



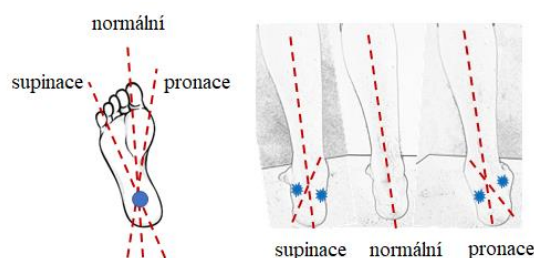
Obrázek 5 Postoj Kokucu Dači - mediální a laterální osa, základní rozklad sil (foto: autor)

Z pohledu fyziologie lidského těla se může zdát, že pozice zadního chodidla, které je kolmé na pozici přední nohy je neefektivní. Je však potřeba si uvědomit, že zde hledáme kompromis mezi stabilitou a dynamikou pohybu. Jak je uvedeno v předchozích kapitolách, maximálně efektivní start běžce je založen na využití přirozené stavby lidské kostry k pohybu vpřed a silné primární svalové skupiny kvadricepsů a hamstringů. Nicméně vytočení chodidla zadní nohy směrem vpřed značně omezuje rozsah

kyčelního kloubu a pánve. **Obecně lze říci, že kinetické vlastnosti postoje odpovídají natočení opěrné báze chodidel a poloze těžiště.** Postupně se tak dostáváme od postoje Šiko-Dači (vysoká stabilita, nízká dynamika přechodu), přes Kiba-Dači a Kokucu-Dači až k Neko-Aši-Dači (NaD – nízká stabilita, rychlá dynamika přechodu). Každý z těchto postojů má své výhody a nevýhody. Je zřejmé, že postoj KkD je výrazně stabilnější oproti postoji NaD a dokážeme v něm vyvinout ohromnou kinetickou energii E_k při pohybu vpřed. Oproti tomu je NaD postoj vhodný pro rychlé a dynamické přesuny s tím, že potřebná práce k přesunu nebo výsledná kinetická energie pohybu E_k bude výrazně nižší.

Velikost plochy opěrných bodů chodidla a přenos působení sil je základním stavebním kamenem stability postoje. Každá část chodidla (od malíkové hrany, malíčku, palce až ke kotníku) přispívá ke stabilitě nejen chodidla, ale celého postavení lidského těla. Tuto stabilitu zajišťují dynamické spirální svalové řetězce, především m. latissimus dorsi (LD), který působí od velkého zádového svalu přes šikmé břišní svalstvo, velký hýžd'ový sval atd. až po přední sval holenní. V normálním stavu je chodidlo a kotník v jedné rovině a nedochází k vychýlení do strany. Všechny prsty na noze jsou pevně sevřené s podložkou a využívají celou soustavu svalů dolních končetin. Funkční spirální řetězec LD způsobí vytvoření zdravé klenby chodidla (viz kap. 4.2). V případě, kdy dojde k chronickému vychýlení chodidla a kotníku z důvodu špatných tréninkových návyků (častou příčinou je např. nepoužívání malíčku a malíkové hrany chodidla) a svalových dysbalancí, dojde ke zborcení kotníku, které rozdělujeme dle směru:

- pronace – směřující dovnitř
- supinace – směřující do vnější strany

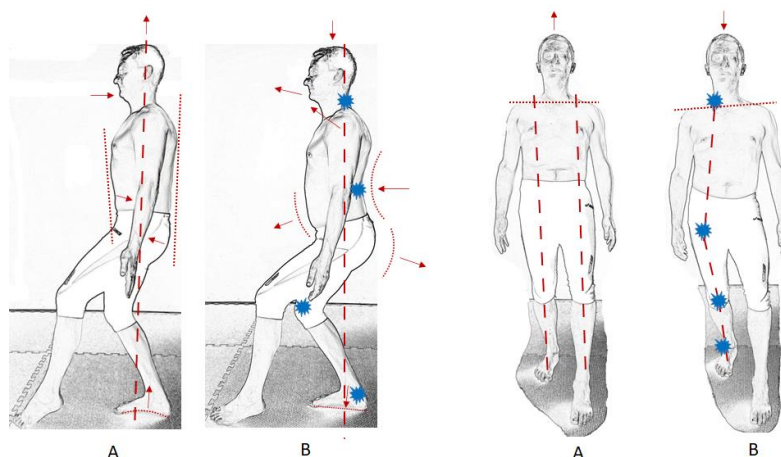


Obrázek 6 Pozice kotníku a chodidla (foto: autor)

Takové chronické vychýlení je častým jevem především u dětí. V pozdějším stádiu je vychýlený kotník více náchylný na vykloubení a přenáší problém dysbalance na celý systém dolních končetin a trupu (např. nohy do X, poškození kolenního kloubu, poškození kyčelního kloubu, skolióza páteře atd.).

4.2 Význam spirálních svalových řetězců

Jak již bylo zmíněno, vertikální a spirální svalové řetězce hrají zásadní roli pro správné a nedestruktivní provedení pohybu. Na Obr.7 můžeme vidět správnou (A) a chybnou (B) pozici těla při nakročení do postoje KkD. V bočním pohledu správného nakročení (A) je středová rovina těla kolmá, hlava se vytahuje nahoru a je srovnaná s mediální osou, čímž je uvolněná krční páteř, trapézový sval ramen atd. Ramena, respektive lopatky, jsou v přirozené poloze u těla, pracuje široký sval zádový. Dolní, střední i horní část břišní stěny jsou v napětí, pánev je podsazená a pracuje velký hýžd'ový sval, který rovněž srovnává pánev, pánevní dno a kyčelní kloub. Klenba stojné nohy je správně tvarovaná, mediální osa těla se posuvným pohybem přesouvá nad špičku stojné nohy a našlapující noha přechází pozvolna vpřed přes špičku malíkové hrany, palec a patu. Z této pozice je jasné, že spirální svalové řetězce LD, TR, SA a PM přebírají koordinační a stabilizační funkci, vertikální svalové řetězce jsou relaxovány, mediální i laterální osy jsou kolmé k podložce. Tak dochází k nejmenšímu zatížení kosterní soustavy, především tlak páteře na meziobratlové disky je minimalizován, čímž je zajištěna volná rotace trupu, která je důležitá pro plné využití rotační složky pohybu.



Obrázek 7 Správná (A) a chybná (B) pozice při přechodu do KkD (foto: autor)

Oproti tomu je v případě chybného postavení (B) vidět, co způsobí povolení spirálních stabilizačních řetězců. Předsunutá brada vytváří tlak na krční páteř, široký sval zádový nezpevní lopatku, která je v důsledku toho vysunutá, a celý řetězec spirál, břišní stěna a velký hýžďový sval jsou uvolněné a ochablé. Nastává dysbalance v boční i přední rovině pohybu, vertikální svalové řetězce jsou přetíženy a rameno, kyčel, kolenní kloub a kotník se dostávají do nepřirozené pozice. Mediální rovina těla prochází patou stojné nohy, přičemž dochází k posuvnému pohybu těžiště vpřed a tím přirozeně vznikne porušení kolmosti této roviny (náklon) během pohybu. Tímto postavením vznikají postupem času bolesti ve znázorněných oblastech, ale bohužel dochází také k degeneraci kloubního systému a deformaci páteře. Vzhledem k tomu, že rotační pohyb je významnou složkou v technikách karate, takové postavení může mít destruktivní dopady i na meziobratlové disky. Dlouhodobá zátěž může vést až k vyhřeznutí disku. Proto je důležité porozumět detailům vnitřní a vnější techniky a neustále pracovat na jejím zdokonalení.

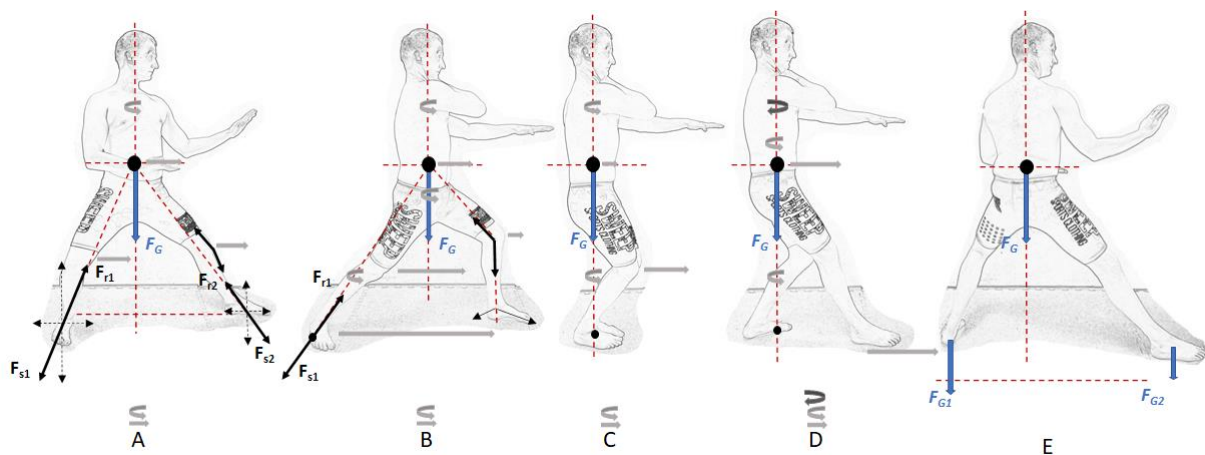
Z pohledu tréninku nebo sportovního zápasu karate, kdy je závodník oblečen v karategi, je pro trenéra či rozhodčí obtížné tyto drobné, ale kritické dysbalance ramen, trupu, kyčle, kolen apod. rozpoznat. Nicméně pohybová činnost karate je prováděna naboso a kvalitní rozhodčí či trenér rozpozná nedostatek v technice z postavení kotníku, klenby chodidla či detailů v došlapu. Cvičenec je díky reálnému kontaktu s podložkou neustále konfrontován s funkcí stabilizačního systému, čímž své koordinační schopnosti pravidelným cvičením naboso neustále zdokonaluje.

4.3 Translační a rotační pohyb

Translační neboli posuvný pohyb v KkD je dominantní při přímém přechodu vpřed. Zde je zřejmé, že dle Obr. 8 dochází nejprve k přesunu odrazem zadní nohy, kde se uplatňuje 3. pohybový zákon (akce stojné nohy a reakce podložky). Čím větší síla F_{sI} působí na podložku, tím je větší reakční síla F_{rI} . Jak je známo, síla je přímo úměrná hmotnosti m a zrychlení a . Z kapitoly 4.1 víme, že při správném provedení postoje KkD je v počáteční fázi přibližně 70% hmotnosti lidského těla na zadní noze. Složka, se kterou lze tedy dynamicky pracovat je generovaná síla F_s , jinak řečeno zrychlení a , které je dáno změnou rychlosti Δv za čas Δt . Ke každému pohybu je potřeba vykonat práci neboli dodat tzv. výbušnou sílu (impulz), která generuje kladné zrychlení po celou dobu pohybu, např. po dobu přechodu mezi pozicí A a B. Je zřejmé, že největší práci při startu vykonají primární svaly kvadriceps, hamstringy a lýtka.

Svoji významnou roli hrají rovněž vertikální a spirální svalové řetězce, zajišťující správný pohybový vzorec z pohledu polohy kloubních spojení, ale také z pohledu zřetězení kinetické energie celého svalového systému.

Mírou posuvného pohybu tělesa je hybnost, která odpovídá impulzu síly. V mechanice je změna hybnosti Δp dána součinem hmotnosti m a změny rychlosti Δv . Je důležité upozornit, že translační přechod mezi fází A a B je dominantní a primární svalové skupiny generují největší podíl výbušné síly. Přesun z pozice B do pozice D probíhá prací svalů vnitřní strany stehen (vnitřní a prostřední sval široký) a spirálních svalových řetězců, jelikož se začíná výrazně uplatňovat rotační složka pohybu. Mediální rovina se posouvá ve směru pohybu, čímž se mění bod rotace dle pozice působení tíhové síly F_G . Zde je nezbytně nutné z pozice uvolněného tlaku páteře na meziobratlové disky a efektivity rotačního pohybu udržet kolmou mediální a laterální osu (viz kapitola 4.2).



Obrázek 8 Rozklad sil a změna těžiště při přechodu v KkD (foto: autor)

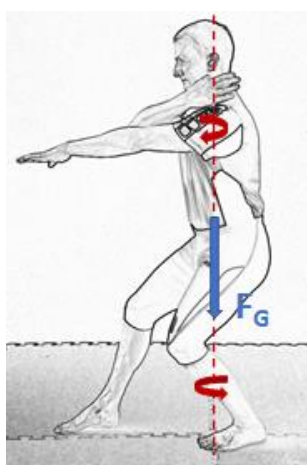
V přechodu z pozice D do E se dominantně uplatňuje rotační složka vlivem práce spirálních stabilizačních řetězců. S technikou Šuto-Uke probíhá opačná rotace blokující ruky, ramenního kloubu a přitažení lopatky k tělu (addukce) oproti rotaci stojné nohy a trupu. Kolmá laterální osa prochází špičkou chodidla stojné nohy (bod působení tíhové síly F_G), čímž se vzhledem ke vztažné soustavě zadní nohy vytvoří velké úhlové zrychlení ε , které je dáno změnou úhlové rychlosti $\Delta \omega$ za čas Δt . V ustálené terminologii karate hovoříme o protichůdné rotaci **gjaku-kaiten**. U rotačního pohybu je kinetická energie E_k dána úhlovou rychlostí ω a momentem setrvačnosti J . Čím větší je práce agonistů a antagonistů dané svalové skupiny v době rotace, tím větší je generována rotační práce ruky a ramene oproti rotaci stojné nohy a trupu.

Podobně jako bylo definováno u translačního pohybu, tak i u rotačního pohybu platí, že vnější technika definuje úhlovou dráhu (nápřah do rotace) a vnitřní technika ovlivňuje čas. Cílem je dosáhnout maximální úhlové rychlosti ω , tedy urazit co nejdélší úhlovou dráhu φ za co nejkratší čas t . Výhodou této části pohybu je, že se automaticky zapojují spirální stabilizační řetězce, které mají za úkol stabilizaci pohybu, ale také generování výsledné kinetické pohybové energie. Jinak řečeno, čím lépe jsou využívány spirální řetězce, tím lepší je účinnost prováděné techniky. Výbušná síla v posuvném přechodu postoje KkD tedy vzniká v několika základních fázích, a to translačním přechodem z A do B (dominantní složka), rotačním a translačním pohybem z B do C, translačním a protichůdným rotačním pohybem (gjaku-kaiten) z D do E.

V konečné fázi pohybu dochází k transformaci translačně-rotálního pohybu v čisté translační vektorovou složku, která působí ve směru pohybu s výslednou kinetickou energií E_k .

Správné provedení a maximální dynamiku pohybu vpřed určuje pozice chodidla a s tím související správná funkčnost všech čtyř spirálních svalových řetězců. V opačném případě dochází k zásadnímu oslabení vlivu vektoru sil, jelikož některé mohou působit opačným směrem (např. často chybně vytočené chodidlo zadní nohy). Je třeba opět zdůraznit význam stabilizace pohybu. Často se stává, že vlivem uvolnění např. velkého hýžd'ového svalu během pohybu dochází k destabilizaci páteře, kyčelního a kolenního kloubu. Je proto nezbytné neustále dodržovat zásady pro stabilizaci ve statické a také dynamické fázi pohybu a pracovat tak se správnými návyky základní techniky pohybu, aby docházelo k co nejmenšímu opotřebením a nehrozilo zranění.

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.1, pohyb dolních končetin využívá především rotaci kolem laterální osy. Tím je dána primární osa rotace stojné nohy, která vychází z přenosu jednotlivých sil celého pákového systému kostry dolních končetin a z pozice těžiště (tíhové síly F_G) lidského

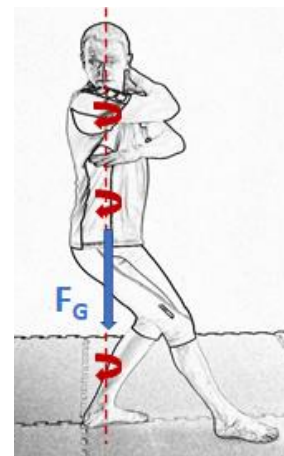


Obrázek 9 Osa rotace při posuvném pohybu KkD (foto: autor)

těla. U výše popsaného příkladu **posuvného přechodu v postoji KkD** vpřed tak dochází k postupnému přesunu těžiště (posun mediální roviny) blíže ke špičce chodidla (viz Obr. 9), čímž se bodem rotace stává kolmá laterální osa chodidla stojné nohy s těžištěm nad špičkou. Zároveň tak dochází k protichůdné rotaci stojné nohy a trupu oproti rotaci blokující ruky a ramena (gjaku-kaiten), jak bylo uvedeno výše.

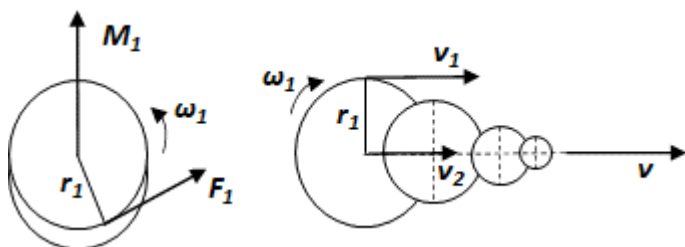
Pozn.: Rotace na patě by v tomto případě znamenala opačné působení sil, menší zrychlení, nižší výslednou rychlost a tím i nižší kinetickou energii pohybu. Jinak řečeno, při rotaci kolem špičky se na konci pohybu posune pata vpřed ve směru prováděné techniky, zatímco při rotaci kolem paty se špička posouvá zpět, tedy opačným směrem, než je prováděná technika. Zároveň tak nepracují stabilizační prvky chodidla stojné nohy.

Oproti tomu **rotační přechod v postoji KkD** přenesse těžiště a tím laterální osu rotace postupným posunem k patě stojné nohy (Obr. 10). U tohoto typu pohybu je dominantní rotační složka, kde jednotlivé části lidského těla (stojná noha, trup, ramena, ruce) rotují stejným směrem. V ustálené terminologii karate hovoříme o společné rotaci **džun-kaiten**. Zde se dominantně uplatňují spirální svalové řetězce, které zajišťují nejen stabilitu pohybu, ale přispívají ke zrychlení úhlové rychlosti ω . Čím větší je práce a souhra svalových skupin v době rotace, tím větší je generována úhlová rychlost ω . Analogicky jako u translačního pohybu je kinetická energie rotačního pohybu E_k dána druhou mocninou úhlové rychlosti ω a přímo úměrně momentu setrvačnosti J . Tento pohyb je prováděn na základě zákona o zachování energie a dominuje zde rychlost otáčení. Jinak řečeno, čím větší je dosažená úhlová rychlost, tím větší bude výsledná kinetická energie pohybu. Jedním z nedůležitějších parametrů každého rotačního pohybu je kolmá osa rotace. V opačném případě dojde nejen k destabilizaci pohybu, ale může také dojít k fyziologickému poškození kloubních spojení vlivem nesprávného působení sil.



Obrázek 10 Osa rotace při rotačním pohybu v KkD (foto: autor)

Pro názornost opět připomeneme zákon zachování hybnosti, který říká, že bez působení vnějších sil má rotační pohyb konstantní moment hybnosti. Pro danou hmotnost sportovce či části těla tedy změnou poloměru rotace r přímo úměrně měníme úhlovou rychlost ω . Pokud je rotační pohyb vykonáván s postupnou změnou poloměru rotace r až k nule, mění se tak rotační pohyb v translační a opačně (viz Obr. 11). Tím dosáhneme maximálního výsledného vektoru rychlosti v daném směru.



Obrázek 11 Rotační účinek sil (zdroj: autor)

V rámci gymnastiky či atletiky existuje ustálený vzorec pohybu sportovce tak, aby dosáhl maxima v dané sportovní disciplíně. V případě bojového umění je tomu jinak, jelikož pohybové vzorce se mění na základě chování protivníka. Tím vzniká flexibilní pohybový systém, který reaguje dle reálné potřeby.

Výsledkem je komplexní průprava bez jednostranného zatěžování lidského organismu. Tato komplexnost přípravy s sebou nese využití a zatížení všech možných svalových skupin a svalových řetězců.

Výše jsme se věnovali dvěma základním přesunům v postoji KkD. V případě přímočarého posuvného přechodu je dominantní výbušná síla stojné nohy oproti rotačnímu přechodu (džun-kaiten), kde je dominantní složka rotační. Ostatní složky pohybu jsou samozřejmě významné také a přispívají k maximálně efektivnímu provedení. Nejdynamičtější formou přesunu s největší výslednou kinetickou energií pohybu E_k je kombinace obou forem. Tento komplexní pohyb se vyskytuje u mistrovských kata, jako je např. Gankaku. Zde se setkáme s druhým přesunem v postoji KkD s Mandži-Uke. Nejprve se uplatňuje výbušná síla primární svalové skupiny zadní stojné nohy, translačním pohybem se posune osa rotace až nad špičku přední nohy. Dojde k přenosu translačního pohybu v rotační a následně s rotací chodidla a posunem osy rotace nad patu dojde k dokončení kruhového pohybu s transformací výsledné kinetické energie. V takovém případě jsou obě složky pohybu (translační i rotační) dominantní a vzájemně se sčítají.

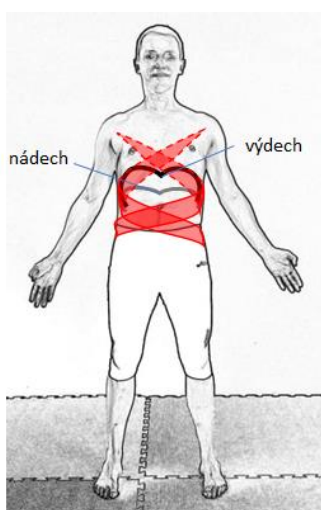
Bod rotace vychází z několika základních principů. Nejdůležitějšími parametry jsou poloha těžiště neboli působení tíhové síly F_G a kolmá osa rotace, která prochází celým tělesem lidské kostry. Další významnou složkou nejen rotačního pohybu je práce prstů chodidla opěrné báze, především malíkové hrany, malíčku, palce atd. V případě správného postavení chodidla, zapojení jednotlivých prstů stojné nohy, dojde k aktivaci spirálních svalových řetězců, které u rotačního pohybu hrají dominantní roli (viz kap. 3.2 a 4.2). Prsty chodidla zajišťují dvě základní funkce při přechodu v KkD. Stabilizaci při startu, popř. v průběhu pohybu, a stabilizaci ve fázi brždění neboli došlapu do následujícího postavení. U zmíněné kombinace kata Gankaku a přechodu druhého Mandži-Uke v KkD s džun-kaiten rotací zády se projeví obě složky stabilizace.

4.5 Dýchání

Dýchání je životně důležitá činnost, která prioritně zajišťuje výměnu kyslíku a oxidu uhličitého mezi vnějším a vnitřním prostředím lidského těla. Tato výměna je nezbytná pro udržení metabolických dějů zajišťujících základní životní procesy. Kyslík se dostane do krve přes plíce, kde se váže na hemoglobin a krevním řečištěm je distribuován do všech tkání (kyslík je důležitá chemická složka také z energetického hlediska k výrobě adenosintrifosfátu, látky potřebné k uvolnění energie). Opačným způsobem dochází k odstranění oxidu uhličitého.

Jak ve své práci uvádí Malátová (8), správná technika dýchání je nezbytným předpokladem optimálního fungování pohybového aparátu, správného držení těla i psychické pohody. V úvodu bylo uvedeno, že všechny funkce lidského těla jsou vzájemně propojeny a fungují v určité symbióze. Současný sedavý způsob života však ovlivňuje nejen naše pohybové vlastnosti, ale také techniku dýchání a tím nepřímo srdeční činnost, látkovou výměnu, psychickou i fyzickou pohodu atd. Pro zajímavost vzájemného propojení můžeme uvést fakt, že pohodlný způsob života s sebou nese také pohodlný příjem potravy a tím také menší nutnost člověka žvýkat. Nedostatečně vyvinutý žvýkací aparát tak začal po několik posledních generací utlačovat nosní dutiny a tím se dýchání začalo stávat stále náročnějším. Zjednodušeně řečeno, deformace nosních dutin začala způsobovat upřednostňování ústní dutiny před nosní dutinou při dýchání. Průchod vzduchu nosní dutinou zajistí díky kožnímu epitelu v nosohltanu až 6x vyšší množství oxidu dusnatého, který se výrazně podílí na lepším prokrvení a prokysličení buněk. Zároveň bylo dokázáno, že množství oxidu uhličitého v krvi zvyšuje efektivitu zpracování kyslíku. Dalším příkladem symbiózy může být nádech, který stimuluje centrální nervovou soustavu. Během klidného výdechu dochází k její relaxaci. Naopak aktivní výdech nervovou soustavu opět více stimuluje. A jsme zpět u komplexity lidského těla a důležitosti každého jednotlivého systému, které fungují ve vzájemné harmonii. V praxi to znamená, že dýchání nosem, různé techniky a časování dýchání atd. příznivě působí na celý lidský organismus.

Základem techniky dýchání v karate je brániční (břišní) dýchání s nádechem nosní dutinou a volným výdechem ústy tak, aby při výdechu byl kladen vzduchu co nejmenší odpor. Jednotlivé techniky karate (především v sestavách kata) nabízí velkou variabilitu dýchání od pomalého a dlouhého nádechu s pomalým výdechem, krátkým rychlým nádechem a výdechem, nádechem a několika výdechy za sebou apod. Technika řízení dechových a posturálních pohybů v karate a její vliv na celý nervový systém, svaly, vnitřní orgány, psychiku apod. vydá na samostatnou studii.



Obrázek 12 Spirální svalové řetězce a bránice při zapojení v procesu dýchání (foto: autor)

Jak uvádí Smíšek (6) bránice je zapojena do vertikálního stabilizačního systému. Při nádechu se bránice posune směrem dolů, dojde k přitažení páteře a uvolnění spirálních svalových řetězců. Při výdechu se naopak aktivně zapojí spirální svalové řetězce mm. intercostales externi, m. obliquus externus a internus abdominis (viz Obr.12), které stimulují břišní svaly, stabilizují střed těla a vytáhnou osu těla nahoru (uvolní zatížení páteře). S výdechem se tak zapojí důležitá část stabilizačního systému lidského těla, která je nezbytná pro správné provedení techniky pohybu. Spirální svalové řetězce protahují páteř nahoru. Tím se

otevívají meziobratlové klouby pro pohyb. Páteř se stane součástí pohybu paží a dolních končetin a rozsah pohybu se zvětší.

Při přechodu v postoji KkD dochází v mezikroku k nádechu s posunutím bránice směrem dolů a s technikou vykročení k synchronnímu pohybu horních a dolních končetin s výdechem. Tím dochází k aktivaci spirálních stabilizačních řetězců, které zajistí správné provedení techniky a zpevnění v koncové fázi pohybu.

Trenér či rozhodčí dokáže posoudit správnou techniku dýchání dle pohybu hrudní části těla, břišních svalů či obi (uvázaný pás stupně technické dovednosti). Pokud dojde k uvolnění a nádechu, uzel pásu se odtahuje a směřuje směrem dolů. V případě výdechu je uzel stahován dovnitř a směřuje směrem vzhůru (břišní svalstvo se zatahuje, pánev se podsazuje). Dle pozice uzlu a celkového náklonu pásu lze odhadnout správnost provedení techniky. Je tedy zřejmé, že karate-gi sice zakrývá vnitřní část pohybu, nicméně jeho nepostradatelné doplňky napomohou k rozpoznání správné techniky dýchání.

5. Závěr

Hlavním cílem této seminární práce bylo zdůraznit principy biomechaniky, jakožto základního principu fyzikální mechaniky v součinnosti s danou fyziologií lidského těla a tím také vymýtit některé ortodoxní názory na provedení a nácvik techniky karate. Dále uvést, jak funguje generování lidské práce pomocí svalových skupin (motor), přenos jednotlivých vektorů sil pákovým systémem lidského těla (převodovka), nervová soustava a stabilizační systém, které dokážou řídit a generovat maximálně účinnou hnací a destruktivní sílu v daném směru pohybu (řízení). Záměrem bylo také upozornit na komplexnost pohybových vazeb a zdůraznit tak dopad na zdravý rozvoj lidského těla.

Zdravý rozvoj sportovce je základním stavebním kamenem dlouholetého úspěchu. Proto byl kladen důraz na porozumění důležitosti kompenzačních technik v době ladění pohybových vzorců a význam každého detailu v postavení lidského těla či pohybu. Toto je možné pouze v případě, kdy trenéři věnují dostatečnou pozornost sebevzdělávání a novým poznatkům v oblasti sportovní přípravy.

Jak bylo zmíněno v úvodu, karate je velmi propracovaný pohybový systém vycházející ze základů fyziologie a biomechaniky lidského těla. Neexistuje nesprávný postoj, ale naopak existuje nevhodná volba postoje pro danou akci či nesprávné provedení. Bojový postoj Kokucu-Dači byl ke studiu biomechaniky vybrán záměrně, jelikož jeho správné provedení představuje jednu z nejlepších obranných i útočných pozic. Proto je tento postoj procvičován již od základních kata stylu Šotokan. Např. kata Heian Šodan (první základní sestava) obsahuje obě formy provedení pohybu ve formě džun-kaiten a gjaku-kaiten. Již od prvních kroků v přípravě začátečníků je tedy zdůrazněn princip výbušné translační a rotační složky pohybu. Všechny ostatní kata z řady Heian obsahují různé formy postoje Kokucu Dači z čehož lze vidět důraz na postupné zdokonalování tohoto vzorce pohybu. Na druhou stranu jeho nesprávné provedení může vést k deformaci páteře, nadměrnému opotřebením kyčelního a kolenního kloubu, kotníku atd. V konečné fázi vede také k neefektivitě prováděné techniky bloku či protiútoky. Z tohoto důvodu je nezbytné porozumět základním principům biomechaniky pohybu a dotáhnout tento stylově jedinečný postoj k dokonalosti.

Z pohledu hodnocení závodní činnosti a výkonu lze občas vidět, kdy divácky atraktivní vnější technika v atletickém provedení není z pozice zkušených rozhodčích dobře hodnocena. Rozhodčí totiž hodnotí také vnitřní provedení a tím pádem účinnost techniky nejen z pohledu cvičení bez zátěže, ale i pro případ působení 3. pohybového zákona, tedy akce a reakce při srážce se skutečným protivníkem. Veškeré detaily techniky v počáteční, přechodové a koncové fázi s technikou dýchání indikují, jak byla účinná.

Tato seminární práce je pouze náznakem komplexnosti sportovního vzorce pohybu jednoho bojového postoje, ne plnohodnotnou analýzou a následné metodiky nácviku. Uvědomění si komplexnosti přípravy a potřeby neustálého studia je na každém trenérovi.

6. Použité zdroje

- (1) Perič, T., Březina J., *Jak nalézt a rozvíjet sportovní talent*. Praha: Grada, 2019. ISBN 978-80-271-0527-4
- (2) Čapek, L., Hájek, P., henyš, P., a kol. *Biomechanika člověka*. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-2144-1
- (3) Kalichová, M., a kol. *Základy biomechaniky tělesných cvičení*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-210-5551-3
- (4) Kalichová, M. *Biomechanika ASEBS*. skripta Inovace bakalářského studijního oboru Speciální edukace bezpečnostních složek a navazujícího magisterského studijního oboru Aplikovaná sportovní edukace bezpečnostních složek. Brno: MUNI, 2013.
- (5) Hall, S., *Basic Biomechanics, 8th edition*. NY: McGraw-Hill Education, 2018. ISBN 978-1260085549
- (6) Smíšek, R. *Svalové řetězce – spirální stabilizace páteře*. Praha: Smíšek, 2016. ISBN 978-80-87568-65-1
- (7) Malátová, R., *Význam dechového stereotypu a možnosti jeho ovlivnění (habilitační práce)*. Brno: Masarykova univerzita, 2019