

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

POVRCHOVÁ ELEKTROMYOGRAFIE SVALŮ HORNÍ KONČETINY PŘI  
ABDUKCI A FLEXI V RAMENNÍM KLOUBU U THAIBOXERŮ A KONTROLNÍ  
SKUPINY

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Veronika Galusková

Vedoucí práce: Mgr. Amr Zaatar, PhD.

Olomouc 2022

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Veronika Galusková

**Název diplomové práce:** Povrchová elektromyografie svalů horní končetiny při abdukci a flexi v ramenním kloubu u thaiboxerů a kontrolní skupiny

**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého, Olomouc

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2022

**Abstrakt:** Cílem práce bylo zhodnotit a porovnat aktivitu vybraných svalů ramenního pletence při pohybu do flexe a abdukce u dominantní a nedominantní horní končetiny u probandů věnujících se pravidelně bojovému umění thaibox a porovnat je s běžnou populací, která se pravidelně žádnému sportu nevěnuje a nemá jakékoliv zkušenosti s bojovým sportem.

Celkově výzkumnou skupinu tvořilo 30 probandů. Kontrolní skupinu tvořilo 12 probandů ve věkovém rozmezí 18–40 let a skupinu sportovců (thaibox) tvořilo 18 probandů. Svalová aktivita byla zkoumána pomocí povrchové elektromyografie, byly použity bipolární povrchové elektrody a normalizace dat proběhla pomocí mean a peak amplitude. V rámci měření byla hodnocena aktivita těchto svalů: m. trapezius (horní vlákna), m. trapezius (střední vlákna), m. deltoideus (přední část), m. deltoideus (střední část) a m. serratus anterior.

K porovnání svalové aktivity dominantní a nedominantní končetiny byl u kontrolní skupiny při flexi v ramenním kloubu za různých typů provedení zjištěn statisticky významný rozdíl u svalu m. serratus anterior, m. trapezius (horní vlákna) a m. deltoideus (přední část). Při hodnocení v rámci dvou zkoumaných skupin, byla nalezena statistická významnost u svalu m. trapezius (horní vlákna) dominantní končetiny a m. deltoideus (přední část) nedominantní končetiny.

Statisticky významné hodnoty dominantní a nedominantní končetiny při pohybu do abdukce u kontrolní skupiny byly zjištěny pouze u m. serratus anterior. Porovnání mezi skupinami ukázalo statisticky významné hodnoty u svalu m. deltoideus (přední část) nedominantní strany.

**Klíčová slova:** ramenní kloub, povrchová elektromyografie, thaibox, muay-thai, lateralita

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Veronika Galusková

**Title of the bachelor thesis:** Surface electromyography of the muscles of the upper limb abduction and flexion of the shoulder in Muay Thai boxers and control group

**Department:** Department of physiotherapy

**Supervisor:** Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

**The year of presentation:** 2022

**Abstract:** The thesis aimed to evaluate and compare the activity of selected muscles of the brachial plexus during flexion and abduction movements of the dominant and non-dominant upper limb in probands regularly involved in the martial art of Muay Thai and to compare them with the general population neither regularly involved in any sport nor having any experience with martial sports.

In total, the research cohort consisted of 30 probands. The control group included 12 probands aged 18-40 years, and the athlete Muay Thai group contained 18 probands. Muscle activity was examined by means of surface electromyography using bipolar surface electrodes; data normalisation was performed using mean and peak amplitude. The activity of the following muscles was evaluated: m. trapezius (upper fibers), m. trapezius (middle fibers), m. deltoideus (anterior), m. deltoideus (central part), and m. serratus anterior.

Comparing the dominant and non-dominant limbs' muscle activity, statistically significant differences were observed in the control group during shoulder joint flexion in various types of performance for the following muscles: m. serratus anterior, m. trapezius (upper fibres) and m. deltoideus (anterior). While assessing the two groups studied, statistical significance was identified for the m. trapezius (upper fibres) muscle of the dominant limb and the m. deltoideus (anterior) muscle of the non-dominant limb.

Only the m. serratus anterior in the control group showed statistically significant values of the dominant and non-dominant limbs during movement into abduction. Comparison between the groups revealed statistically significant values for the m. deltoideus (anterior) muscle of the non-dominant side.

**Key words:** shoulder, surface electromyography, thaibox, muay-thai, laterality

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



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

V Olomouci dne

.....

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Mgr. Amrovi Zaatarovi Ph.D za odborný dohled, cenné rady a velmi ochotný přístup. Děkuji také RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při statickém zpracování dat. Dále chci poděkovat mé kolegyni Bc. Tereze Konderlové za spolupráci při měření výzkumného souboru a v neposlední řadě všem zúčastněným probandům.

V Olomouci dne

.....

## Seznam zkratk

AC – akromioklavikulární kloub

ARV – rektifikovaná hodnota ve vybraném časovém intervalu (average rectified value)

DK – dolní končetina

DP – diplomová práce

EMG – elektromyografie

GH – glenohumerální kloub

HK – horní končetina

IED – vzdálenost mezi elektrodami (inter-electrode distance)

KO – knockout

lig – ligamentum

m – musculus

mm – muscoli

MJ – motorická jednotka

PEMG – polyelektromyografie

RMS – střední kvadratická hodnota (root mean square)

SEMG – povrchová elektromyografie (surface electromyography)

SC – sternoklavikulární kloub

## Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	TEORETICKÉ POZNATKY .....	10
2.1	Kloubní spojení ramenního pletence.....	10
2.1.1	Articulatio glenohumeralis .....	10
2.1.2	Articulatio acromioclavicularis .....	11
2.1.3	Articulatio sternoclavicularis.....	11
2.1.4	Skapulothorakální spojení .....	11
2.1.5	Subakromiální spojení .....	12
2.2	Pohyby v ramenním kloubu .....	12
2.3	Svaly ramenního pletence .....	14
2.3.1	Vybrané svaly ramenního pletence .....	15
2.4	Fyziologie svalové kontrakce.....	18
2.4.1	Motorická jednotka.....	18
2.5	Elektromyografie.....	20
2.5.1	Povrchová elektromyografie .....	20
2.6	Svalové řetězce bojových sportů.....	24
2.7	Thaibox .....	27
2.7.1	Postoj .....	28
2.7.2	Údery .....	28
2.8	Lateralita .....	32
2.9	Studie.....	34
3	CÍL PRÁCE.....	38
4	VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	38
5	METODIKA.....	39
5.1	Charakteristika souboru .....	39
5.2	Vyšetření .....	39

5.3	Technické vybavení .....	40
5.4	Umístění elektrod .....	41
5.5	Průběh měření .....	42
5.6	Zpracování dat.....	44
6	VÝSLEDKY.....	45
6.1	Vědecká otázka č. 1.....	45
6.2	Vědecká otázka č. 2.....	48
6.3	Vědecká otázka č. 3.....	51
6.4	Vědecká otázka č. 4.....	53
6.5	Vědecká otázka č. 5.....	55
6.6	Vědecká otázka č. 6.....	57
7	DISKUSE .....	59
8	ZÁVĚR.....	64
9	SOUHRN.....	65
10	SUMMARY .....	66
11	REFERENČNÍ SEZNAM .....	67
12	PŘÍLOHY.....	74

## 1 ÚVOD

Bojové sporty jsou ve světě velice uznávané a provozují se na amatérské i profesionální úrovni. Sportovec tráví dosti času tréninkem a rozvíjí svalovou koordinaci, svalovou sílu, flexibilitu a rovnováhu. Tyto sporty lze také považovat za vynikající terapeutický nástroj rozvíjející koncentraci, socializaci, sebeúctu, posílení disciplíny a sebeobrany (Hammami et al., 2018). Tato diplomová práce bude věnována bojovému umění thajbox (muay-thai), které pochází z Thajska. Obvykle tento sport zahrnuje dva bojovníky, kteří spolu bojují pomocí specifických technik (úderů, kopy) a dodržují předem stanovená pravidla (Estal et. al, 2017).

Svalovou aktivitu lze zjistit pomocí povrchové elektromyografie. V případě ramenního kloubu můžeme tento způsob diagnostiky použít pro různé účely např. hodnocení svalové aktivity během běžně předepsaných terapeutických cvičení, pro kineziologický výzkum nebo pro analýzu specifických pohybů zejména u sportu. Ramenní kloub je nejvolnější kloub lidského těla, stabilita kloubu je zajištěna především svaly rotátorové manžety, deltového svalu a dlouhé hlavy m. biceps brachii. V rámci měření můžeme porovnávat i dominantní a nedominantní končetinu, neboť dle mnoha studií dlouhodobé využívání preferenční končetiny může vést ke změnám složení svalových vláken. Také byly stanoveny fyziologické a anatomické asymetrie na různých úrovních centrálního nervového systému řídící horní končetiny (Diederichsen, 2007; Wickham 2010).

Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit pomocí elektromyografického záznamu rozdíl ve svalové aktivitě během abdukce a flexe v ramenním kloubu mezi sportovci věnujícími se thajboxu a běžnou populací. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část, v teoretické části je uvedena základní anatomie a biomechanika ramenního pletence, poté je věnována kapitola právě povrchové elektromyografii a následně danému zkoumanému sportu (thajboxu). Poslední dvě kapitoly se týkají laterality a studiemi zabývajícími se podobným tématem. K vyhledávání odborných publikací byly využity online databáze odborných časopisů: PubMed, Medline, EBSCO, ScienceDirect, Scopus a Web of Science.

## 2 TEORETICKÉ POZNATKY

### 2.1 Kloubní spojení ramenního pletence

Ramenní pletenec tvoří tři kosti, a to kost pažní (humerus), klíční kost (clavicula) a lopatka (scapula), spojení těchto kostí zajišťují klouby. Pletenec se skládá ze tří kloubů – glenohumerální, který označujeme jako vlastní ramenní kloub, akromioklavikulární a sternoklavikulární. Kromě těchto kloubů existuje ještě jedno funkční spojení mezi hrudníkem a lopatkou – skapulothorakální spojení (Schenkman, 2017). Kapandji (2019) a Kofránek (2014) popisují k ramennímu pletenci i kloub subdeltoidální neboli subakromiální, který se popisuje z hlediska patofyziologie.

#### 2.1.1 Articulatio glenohumeralis

Glenohumerální kloub je jednoduchý kulovitý volný kloub, který upřednostňuje mobilitu před stabilitou. Artikulují v něm dvě kosti – scapula a humerus, přesněji cavitas glenoidale scapulae a caput humeri (Bartoníček & Heřt, 2004). Jedním z důvodů, proč je ramenní kloub vhodný pro extrémní pohyblivost, je velikostní rozdíl mezi hlavicí humeru a malou glenoidální jamkou na lopatce. V každém okamžiku je pouze 25 % až 30 % hlavice humeru v kontaktu s glenoidální jamkou, zbytek hlavice je v kontaktu s kloubním pouzdrém. Kloubní jamku dále ohraničuje labrum glenoidale, chrupavčitý lem, který zvětšuje kontaktní kloubní plochu až o 75 % a tím zlepšuje stabilitu ramenního kloubu (Hamill & Knutzen, 2009). Kloubní pouzdro začíná po obvodu jamky a upíná se na collum anatomicum humeri. Zesílení a stabilizaci pouzdra vytvářejí jednak šlachy rotátorové manžety – m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. subscapularis) a také kloubní vazy – lig. coracohumerale, lig. glenohumerale (superior, medius a inferior) a lig. coracoacromiale. Jakákoli změna ve struktuře a morfologii glenohumerálního kloubu může vést ke zvýšené nestabilitě (Čihák, 2011; Garbis, 2017).

Z biomechanického pohledu v GH kloubu probíhají tři základní pohyby: rotace, válení a posunutí. Při rotaci se mění kontaktní bod hlavice a v jamce zůstává konstantní. Při válení se kontaktní místo mění na obou segmentech a v případě posunutí se kontaktní bod mění pouze v kloubní jamce a na hlavicí humeru zůstává konstantní (Janura et al., 2004).

### **2.1.2 Articulatio acromioclavicularis**

Akromioklavikulární skloubení (AC) spojuje zevní konec klavikuly s lopatkou pomocí akromionu. Kloubní konce jak klavikuly, tak akromia jsou pokryty vazivovou chrupavkou. Někdy se v AC kloubu nachází úplný nebo částečný discus articularis, zasahující do nitra kloubu od horní strany pouzdra. Jedná se o tuhý kloub, jehož pohyby jsou malého rozsahu a doplňují pohyby sternoklavikulárního kloubu. Kloub je zpevněn tuhým a krátkým pouzdrem a okolními krátkými a pevnými vazy. Lig. acromioclaviculare zpevňuje horní stranu pouzdra. Lig. coracoclaviculare (dále dělené na lig. trapezoideum, lig. conoideum) usměrňuje pohyb mezi klavikulou a lopatkou a zabraňuje dislokaci disku. Lig. coracoacromiale je silný vaz rozepjatý nad ramenním kloubem a omezuje abdukci v ramenním kloubu tím, že při abdukci je humerus zastaven o horizontální průběh vazy (Čihák, 2011; Garbis, 2017; Neumann et al., 2010).

### **2.1.3 Articulatio sternoclavicularis**

Sternokostální skloubení (SC) je jediné kostěné spojení osového skeletu s pletencem horní končetiny, spojuje klíční kost k manubriu sterni. Mezi klíční kost a sternum je vložen discus articularis, jedná se tedy o kloub složený. Pohyby klíční kosti v SC kloubu jsou ve třech směrech, což jí dává 3 stupně volnosti. Klíční kost se pohybuje do elevace a deprese, také se pohybuje dopředu a dozadu prostřednictvím pohybů v transverzální rovině nazývaných protrakce a retrakce. Existuje také třetí typ pohybu, axiální rotace klíční kosti v rozsahu  $30^\circ$  (Hamill & Knutzen, 2015; Kapanjdi, 2019). Kloubní pouzdro je krátké a tuhé, zesiluje ho vpředu a vzadu lig. sternoclaviculare, lig. interclaviculare a lig. costoclaviculare, které spojuje klíční kost s prvním žebrem (Perry, 2001).

### **2.1.4 Skapulothorakální spojení**

Nejedná se o pravý kloub, podle Dylevského (2009) spíše o „funkční spoj“. Spojení je realizováno pomocí vmezeřeného řídkého vaziva, které vyplňuje štěrby mezi svaly na přední ploše lopatky a hrudní stěnou. Vazivo umožňuje klouzavý pohyb, což je předpoklad pro posun lopatky. V anatomickém postavení je lopatka obvykle umístěna



mezi druhým a sedmým žebrem, s mediálním okrajem umístěným cca 6 cm laterálně od páteře a svírá s frontální rovinou úhel asi 30 °, což zajišťuje těsný kontakt s hrudníkem. Lopatka je spojena s hrudníkem přes dva svaly – m. serratus anterior a m. subscapularis (Hamill & Knutzen, 2015; Kolář et al., 2009; Neumann et al., 2010).

### **2.1.5 Subakromiální spojení**

Subakromiální spojení, dle Kapandji (2019) subdeltoidální spojení, je klinický název pro řídké vazivo a burzy vyplňující úzký prostor mezi spodní částí akromionu, úpony svalů rotátorové manžety ramenního kloubu, kloubním pouzdem a spodní plochou m. deltoideus. Pro pohyby v subakromiálním spojení je důležitá bursa subacromialis (Kapandji, 2019; Kolář et al., 2009).

## **2.2 Pohyby v ramenním kloubu**

Pohyb v ramenním kloubu nelze vysvětlit jako izolovaný pohyb. Prakticky se vždy jedná o komplexní pohyb se souhrou všech struktur pletence ramenního kloubu. Jedná se o kombinaci rotačních, skluzných a posuvných pohybů kloubních ploch všech kloubů ramene. Dle Bartoníčka lze z popisného hlediska redukovat pohyby na tři základní druhy – abdukce/addukce, ventrální flexe/dorzální flexe, vnitřní rotace/zevní rotace. Ostatní pohyby vznikají jejich vzájemnou kombinací (Bartoníček & Heřt, 2004; Michalíček & Vacek, 2014). Kapandji (2019) popisuje rozsah pohybu v ramenním kloubu následovně

- flexe 180 °/ extenze 45 °– 50 °
- abdukce 180 °/ addukce – ve frontální rovině v kombinaci s pohybem do flexe 30 ° – 45 °

Dylevský (2009) rozděluje pohyby v ramenním kloubu kolem tří os a pohyby lopatky:

Pohyby v ramenním kloubu:

- ventrální flexe (anteverze/predapžení do 80 °) /dorzální flexe (extenze/zapažení do cca 120 °)
- abdukce/addukce (připažení, do 90 °)

- vnitřní/zevní rotace (do 90 °)
- elevace (vzpažení do 180 °)

Pohyby lopatky:

- Elevace (55 °) / Deprese (5 °)
- Protrakce (abdukce, směrem k páteři 10 °) / Retrakce (addukce, 10 °)
- Rotační pohyby (změna polohy dolního úhlu lopatky a sklon kloubní jamky)
  - Anteverze (pohyb dolního úhlu směrem od páteře, 30 °) / Retroverze (pohyb dolního úhlu směrem k páteři, 30 °)

Abdukci i ventrální flexi nad 90 ° označujeme jako elevaci. Z klinického hlediska je významný mechanismus, jakým probíhá elevace paže ze základního postavení přes abdukci až do 180 ° (Bartoniček & Heřt, 2004). Abdukci provádíme ve frontální rovině, ale nejedná se přímo o frontální rovinu, nýbrž o rovinu skapulární, tedy rovinu odkloněnou 30 ° anteriorně od roviny frontální (Kapandji, 2019). Pohyb do 90 ° abdukce je spojen s elevací laterální části klíční kosti, což se odehrává v SC kloubu. Pohyb klavikuly je na každých 10 ° abdukce či flexe spojen s 4 ° elevace laterální části (čistá elevace klíční kosti tak činí úhlově bez rotační složky klavikuly celkem 36 °). Při pohybu HK nad 90 ° do 170 ° je pohyb v SC kloubu již minimální kvůli napětí lig. costoclaviculare, proto další pohyb lopatky po hrudníku musí být spojen s pohyby v AC kloubu, a to s protrakcí a zevní rotací lopatky vůči klíční kosti. Při elevaci HK nad horizontálu dochází k napětí lig. coracoclaviculare a jeho tahem je zbývající cca 10 ° elevace klíčku (do celkového úhlového rozsahu elevace v SC cca 45 °) spojeno už jen s dorzální axiální rotací klavikuly kolem své podélné osy. Maximální posteriorní rotace klíčku uzamyká SC kloub. Při další abdukci HK nad 170 ° je pohyb provázen již jen úklonem trupu. Rotace klíčku začíná mezi 80 °–90 ° abdukce paže a celkový rozsah této rotace nutný k plné elevaci paže činí cca 45 °–50 ° (Bartoniček & Heřt, 2004; Michalíček & Vacek, 2014).

Prvních 30 ° abdukce se odehrává v GH kloubu. V rozmezí pohybu 30 °–170 ° se většina autorů shoduje, že na každých 15 ° pohybu připadá 10 ° v GH kloubu a 5 ° v thorakoskapulárním spojení. Tento komplementární pohyb je označován jako skapulohumerální rytmus. Z toho vyplývá že pohyb v GH kloubu se odehrává pouze asi do 120 ° z celkové elevace a zbývající 60 ° zajišťuje thorakoskapulární spojení

(Bartoniček & Heřt, 2004; Gross et al., 2005). Kapandji (2009) ve své publikaci popisuje abdukcí ve třech fázích. V první fázi abdukce se uplatňují m. deltoideus a m. supraspinatus a prvních 60 ° probíhá jen v GH kloubu. První fáze končí, když se rameno uzamkne a tuberculum majus narazí na lig. coracoacromiale, čímž vyčerpá svůj rozsah pohybu. Ve druhé fázi od 60 ° – 120 ° se zapojuje skapulothorakální skloubení a hlavní zapojené svaly jsou m. serratus anterior a m. trapezius. V poslední fázi pohybu od 120 °– 180 ° se zapojují svaly trupu na kontralaterální straně a prohlubuje se bederní lordóza.

Véle (2006) popisuje čtyři fáze abdukce. V první fázi udává rozsah pohybu od 0 ° do 45 ° a nejvíce se uplatňuje m. supraspinatus, m. deltoideus tlačí hlavici humeru do kloubní jamky. Později v druhé fázi od 45 ° převládá m. deltoideus a od 90 ° přebírají funkci především m. trapezius a m. serratus anterior (třetí fáze). V poslední fázi do 180 ° se zapojuje trupové svalstvo, což vede ke zvýšení bederní lordózy a úklonu trupu. Názory autorů v literatuře na aktivaci svalů během abdukce jsou rozdílné. Dylevský (2009) ve své publikaci popisuje na začátku abdukce především aktivitu m. supraspinatus a teprve od 90 ° abdukce nastupuje m. deltoideus. Neumann et al. (2010) udávají, že aktivita m. deltoideus a m. supraspinatus je na začátku pohybu rovnoměrná. Oba svaly pomáhají stabilizovat hlavici humeru v GH kloubu uvnitř jamky.

### **2.3 Svaly ramenního pletence**

Svaly ramenního pletence plní dvě funkce, a to pohyb paže a dynamickou stabilizaci GH kloubu. Ke svalům horní končetiny patří z vývojového hlediska svaly spinohumerální a svaly thorakohumerální, jejichž funkce jsou spjaty k pletenci horní končetiny a k ramennímu kloubu (Čihák, 2011; Perry, 2001). Dle různých autorů se liší rozdělení jednotlivých svalů do skupin.

Dle Čiháka (2011) dělíme svaly následovně:

- spinohumerální svaly – m. trapezius, m. latissimus dorsi, mm. rhomboidei a m. levator scapulae
- thorakohumerální svaly – m. pectoralis major, m. pectoralis minor, m. subclavius a m. serratus anterior
- svaly ramenní – m. deltoideus

- svaly lopatkové – m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. teres major, m. subscapularis

Véle (2006) rozděluje svaly do dvou skupin

- svaly ramenního pletence: m. trapezius, m. levator scapulae, mm. rhomboidei, m. serratus anterior, m. pectoralis minor a m. subclavius
- svaly kolem ramenního kloubu: m. deltoideus, m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. subscapularis, m. teres major et minor, m. pectoralis major, m. latissimus dorsi a m. coracobrachialis

Perry (2001) dělí svaly do čtyř funkčních skupin

- m. deltoideus (anterior, medius, posterior)
- svaly rotátorové manžety – m. supraspinatus, m. subscapularis, m. infraspinatus, m. teres minor, také zde můžeme zařadit m. biceps brachii (caput longum)
- axiohumerální svaly – m. pectoralis major, m. latissimus dorsi a m. teres major
- lopatkové svaly – m. serratus anterior, m. trapezius, mm. rhomboidei a m. levator scapulae

### 2.3.1 Vybrané svaly ramenního pletence

V této kapitole budou podrobně pospány jen dané svaly, které jsou zařazeny do výzkumu. Svaly byly vybírány na základě kineziologických znalostí při abdukci a flexi v ramenním kloubu. Jedná se o povrchové svaly, které jsou dobře zaznamenatelné na povrchové elektromyografii.

#### *m. deltoideus*

Tento sval vytváří povrchový reliéf ramene, spojuje klíční kost a lopatku. Dle začátků je anatomicky členěn na tři části – pars clavicularis (přední), pars acromialis (střední) a pars spinalis (zadní). Svalová vlákna celého svalu se sbíhají v jeden úpon na tuberositas deltoidea humeri. Sval je inervován z n. axillaris. Přední vlákna svalu provádí ventrální flexi paže, také se podílí na horizontální addukci, anteverzii ramene a část vláken provádí abdukci a vnitřní rotaci paže. Střední část svalu provádí abdukci a horizontální

extenzi paže, zadní část se účastní horizontální extenze, podporuje extenzi a zevní rotaci paže. Tonus celého svalu přispívá k udržení hlavice GH kloubu v kloubní jamce a tím podporuje stabilitu ramenního kloubu (Bartoniček & Heřt, 2004; Simons & Travell, 2019; Véle, 2006). Kapandji (2019) dělí *m. deltoideus* do sedmi funkčních celků, kde přední část je rozdělena na dvě komponenty (I., II.), střední část obsahuje jednu komponentu (III.) a zadní část čtyři komponenty (IV., V., VI., VII.). Z tohoto rozdělení lze lépe pochopit, která vlákna se zapojují při určitých pohybech, kde je zahrnuta i addukce paže krajních vláken svalu.

#### *m. trapezius*

*M. trapezius* je rozsáhlý plochý trojúhelníkový sval, dělicí se na tři funkční části – horní, dolní a střední. Inervaci zajišťuje XI. hlavový nerv *n. accessorius*. Horní trapézový sval (*pars descendens*) má sestupná vlákna, začínající na *os occipitale* (*linea nuchalis superior* a *protuberantia occipitalis externa*) a dále od trnových výběžků C1-C6, upínají se na zevní konec klavikuly, akromion a na *spina scapulae*. Horní část svalu společně s *m. levator scapulae* táhne lopatku kranálně a mediálně (provádí elevaci lopatky). Při *punctum fixum* na pletenci dělá jednostranně extenzi hlavy homolaterálně a rotaci hlavy kontralaterálně. Střední příčná vlákna (*pars transversa*) odstupují od trnových výběžků a *lig. interspinalia* C7-Th3 a upínají se na *spina scapulae*. Tato část svalu s pomocí *m. rhomboideus major et minor* táhne lopatku k páteři (provádí addukci lopatky) a plní stabilizační funkci. Vzestupná část svalu (*pars ascendens*), též nazývána dolní trapézový sval, začíná na trnových výběžcích a *lig. interspinalia* Th4-Th12 a upíná se na *tuberculum scapulae* mediální části spiny. Tato část svalu posunuje lopatku kaudálně a mediálně (provádí depresi lopatky). Současná kontrakce horní a dolní části svalu rotuje jamku GH kloubu nahoru a umožňuje pohyb horní končetiny nad horizontálu. Aktivita celého svalu má důležitou roli v držení těla, sval je zapojen do několika důležitých svalových řetězců, které propojují segmentovou osu hrudní a krční páteře s horními končetinami (Dylevský, 2009; Simons & Travell, 2019; Véle, 2006).

#### *m. serratus anterior*

*M. serratus anterior* je široký plochý sval, jdoucí od I – IX. žebra po zevní ploše hrudníku dozadu a mediálně, k mediálnímu okraji lopatky. Inervován je z *n. thoracicus longus*. Strukturálně je rozdělen do tří skupin svalových vláken. První skupina svalových vláken vychází z I. a II. žebra jdoucí na horní úhel lopatky, svalová vlákna jdou

rovnoběžně s žebry. Střední část vláken probíhá pod úhlem 45 °, vychází z II., III., a IV. žebra a upínají se na mediální okraj lopatky. Nejnižší část svalu, také nejsilnější část, vychází z V. – IX. žebra a upíná se na dolní úhel lopatky. Tyto tři skupiny spolupracují jako stabilizátory lopatky, aby udržely lopatku na hrudní stěně. Dále tento sval táhne dolní úhel lopatky zevně, čímž obrací jamku GH kloubu nahoru. Aktivace m. serratus anterior a m. trapezius (horní část) vytváří hnací sílu pro otočení lopatky nahoru, zatímco střední a dolní část trapézového svalu fungují jako stabilizátory lopatky k hrudníku. Při puntum fixum na lopatce, zvedá kontrahovaný sval žebra, je proto i pomocným inspiračním svalem. Při poškození svalu (obvykle poruchou inervace) dochází k odstávání lopatky od hrudní stěny (scapula alata) a pohyb horní končetiny je výrazně omezen. (Contemori et al., 2019; Dylevský, 2009; Čihák, 2011; Simons & Travell, 2019).

## 2.4 Fyziologie svalové kontrakce

Svalová kontrakce a následná relaxace jsou mechanické projevy svalové činnosti. Elektrické děje v kosterním svalstvu jsou podmíněné iontovými přesuny a podobají se projevům nervové tkáně. Přírozeným signálem pro stah kosterní svaloviny je nervový vzruch přiváděný motorickými vlákny na nervosvalovou ploténku. Zakončení motorického vlákna v nervosvalové ploténce představuje presynaptickou část. Akční potenciál šířící se vlákny  $\alpha$ -motoneuronu v nervosvalové ploténce vyvolá uvolnění zde přítomného mediátoru – acetylcholinu, který se váže na své receptory na povrchu sarkolemy (membrána svalového vlákna) – postsynaptická část. Interakce acetylcholinu s příslušným receptorem otevře iontové kanály pro sodné ionty. Masivní vtok sodných iontů do buňky podmíní depolarizaci membrány, která se rychle šíří celým svalovým vláknem a vstupuje také do T-tubulů, což vede k vyplavení vápenatých iontů z nitrobuněčných zásob v sarkoplazmatickém retikulu. Vápenaté ionty se vážou na troponin aktinového vlákna (tenká vlákna sarkomery). Jejich působením se odkryje vazebné místo pro hlavičku myozinu (tlustá vlákna sarkomery), spojením vznikají aktin-myozinové komplexy. Aktin a myozin se do sebe zasouvají a celé svalové vlákno se zkracuje, nebo v něm narůstá napětí (Merkunová & Orel, 2008; Kittnar, 2020; Orel, 2019; Silbernagl & Despopoulos, 2016).

Svalová kontrakce není pokaždé stejná. Může být v zásadě trojího typu:

- Izotonická kontrakce – sval se zkracuje, ale nemění se jeho napětí
- Izometrická kontrakce – sval nemění svou délku, ale stoupá v něm svalové napětí
- Smíšené kontrakce – kombinace obou výše uvedených, které se týkají naprosté většině pohybů (Orel, 2019)

### 2.4.1 Motorická jednotka

Základní funkční jednotkou svalu je motorická jednotka (MJ). Jedná se o soubor příčně pruhovaných svalových vláken řízených jedním  $\alpha$ -motoneuronem. Svalová vlákna jedné jediné MJ mohou být rozložena po větších oblastech ( $1 \text{ cm}^2$ ) průřezu svalu. Počet svalových vláken inervovaných jedním  $\alpha$ -motoneuronem může být jen 25 (mimické

svaly), nebo může značně převyšovat 1000 (m. temporalis) (Orel, 2019; Silbernagl & Despopoulos, 2016).



## 2.5 Elektromyografie

Elektromyografie (EMG) je vyšetřovací metoda, která je založena na snímání akčních potenciálů aktivních motorických jednotek v okolí elektrody. Elektromyografický signál představuje anatomické a fyziologické vlastnosti svalu. Co se týče ramenního kloubu, EMG se používá pro různé účely např. pro kineziologická vyšetření, hodnocení svalové aktivity během běžně předepisovaných terapeutických cvičení, pro specifické sportovní pohyby, nebo pro srovnání odchylek v patologických ramenech a další (Chowdhury, 2013; Wickham et al, 2010).

Vyšetření pomocí EMG můžeme rozdělit do dvou typů: povrchové EMG a intramuskulární EMG. Pro intramuskulární vyšetření se využívají jehlové elektrody, kde jsou snímány jen jednotlivé akční potenciály motorických jednotek prostřednictvím elektrody přímo v testovaném svalu. Tato metoda je široce rozšířená zejména k diagnostice nervosvalových onemocnění. Tato práce se zabývá povrchovou EMG, proto bude dále pospán je tento typ (Krobot & Kolářová, 2011).

### 2.5.1 Povrchová elektromyografie

Povrchová elektromyografie (surface electromyography SEMG), také nazývaná polyelektromyografie (PEMG), je metoda, která podává prostřednictvím snímání bioelektrických signálů svalů obraz o neurálních mechanismech pohybové kontroly. Jednou z předností SEMG je možnost relativně snadno a neinvazivně snímat aktivitu více svalů současně v průběhu prakticky jakéhokoliv pohybu. Prostřednictvím této vyšetřovací metody je možné se blíže vyjádřit nejen k velikosti svalové aktivity, ale komplexněji i ke svalovým synergii, sekvenci zapojení jednotlivých svalů, svalové únavě a dalším parametrům (Kolářová et al., 2019).

Při SEMG se používají obvykle povrchové elektrody vyrobené z vodivých materiálů (nejčastěji Ag/AgCl s elektrolytickým gelem). Elektrody jsou umístěny vedle sebe na kůži, která je očištěna od mastnoty případně oholená jednorázovou žiletkou. Očištěním kůže se sníží impedance a zlepši se kontakt mezi elektrodami a kůží. K očištění je vhodné použít alkohol nebo abrazivní pastu. (Cram & Kasman, 201; Payton & Burden, 2018). Nejčastěji se v literatuře doporučuje a preferuje vzdálenost mezi

elektrodami (IED – iner-electrode distance) 20 mm. Při aplikaci na menší svaly by IED neměla přesáhnout jednu čtvrtinu délky svalových vláken. Umístění elektrod je obvykle doporučováno na střed svalového bříška paralelně s průběhem svalových vláken. Referenční elektroda je umísťována na elektricky neaktivní tkáň (kostěný výběžek, šlacha) (Dupalová & Zaatar, 2015; Hermens et al., 2000).

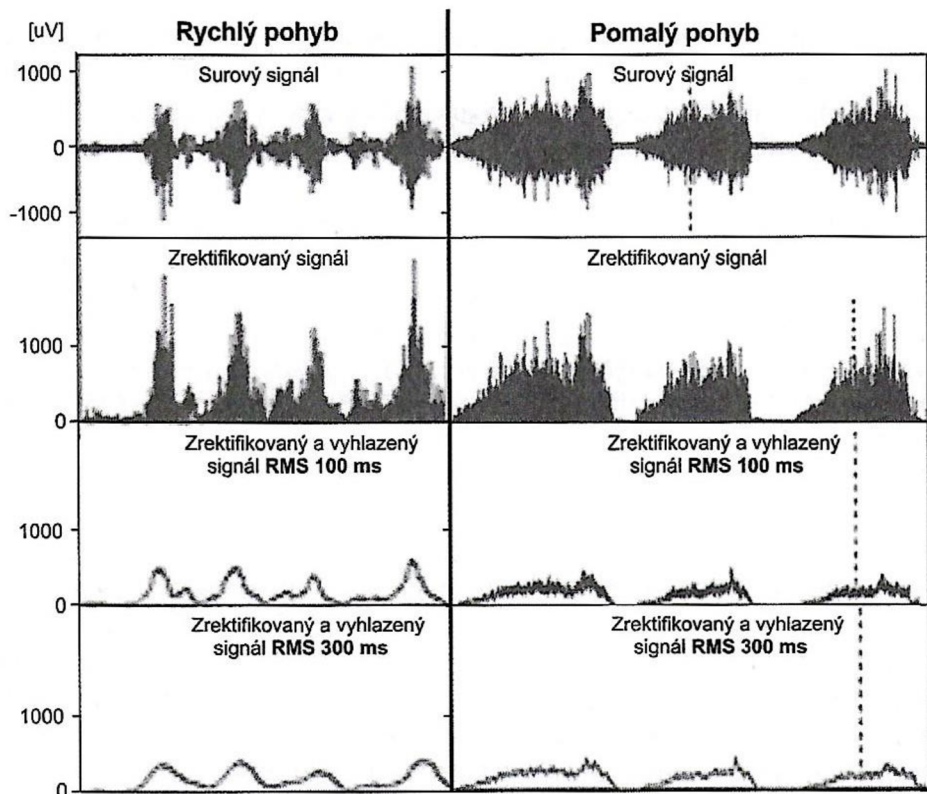
### **2.5.1.1 Přenos a zpracování signálu**

Změna elektrického napětí spojená s propagací akčních potenciálů se přenáší na kůži nad svalem, kde je následně snímána párem elektrod (bipolární snímání). Výsledkem je signál, který představuje potenciálový rozdíl snímáný oběma elektrodami v daném okamžiku. Výhodou bipolárního snímání je, že jakýkoliv okolní šum, který má původ dál od snímané oblasti (televizní, rádiové vlny), dorazí k oběma elektrodám se stejnou fází, a je proto ve výsledném signálu eliminován. Tento signál je následně zesílen v diferenciálním zesilovači, který bývá v těsné blízkosti snímacích elektrod (Cram & Kasman, 2011). Přenos signálu je realizován na vzdálenost několika metrů kabely nebo telemetricky. Surový elektromyografický záznam (nezpracovaný záznam) je ve formě analogového signálu vysílán ze snímacích senzorů do vyhodnocovací jednotky, kde dojde ke konverzi signálu na digitální (Clancy et al., 2004; Krobot & Kolářová, 2011).

Surový SEMG záznam je nezpracovaný elektromyografický signál, který představuje interferenční vzorec akčních potenciálů, jak je snímán elektrodami. V nezpracovaném záznamu se mohou objevit i náhodná relativně vysoká maxima amplitud, která reprezentují synchronní výboje více motorických jednotek a zkreslují informace o míře svalové aktivity (Konrad, 2006; Krobot & Kolářová, 2011).

K analýze míry svalové aktivity se nejvíce využívá analýza změny frekvenčního spektra a amplitudy v čase. Cílem frekvenční filtrace je odstranění signálu, který nemá původ v aktivaci svalu, ale vznikl např. jako pohybový artefakt. Probíhá odfiltrování frekvencí nižších než 20 Hz a vyšších než 500 Hz pomocí dvoupásmového filtru. Dále je nutné v Evropských zemích odfiltrovat frekvenci střídavého napětí 50 Hz, pokud není odfiltrována hardwarově. (Čapek et al., 2018; Dupalová & Zaatar, 2015). Následuje rektifikace a vyhlazení (smoothing) signálu. Rektifikace představuje jednoduchou metodu, kdy se negativní hodnoty surového záznamu eliminují, nebo se převrátí do

pozitivních hodnot. Polarita zrektifikovaného signálu je tedy pouze pozitivní. Při vyhlazení dochází k potlačení vysokofrekvenčních výchylek signálu pomocí algoritmů např. RMS (root mean square) nebo ARV (average rectified value). Porovnání výsledků mezi různými objekty či svaly je možný pomocí normalizace. Normalizace představuje vztažení naměřených parametrů k předem stanovené referenční hodnotě. Referenční hodnotu nejčastěji stanovujeme z maximální volní izometrické kontrakce (MVC), nebo z maximální hodnoty amplitudy signálu v průběhu testovaného pohybu (peak). Výsledek je pak poměrové vyjádření o míře aktivity svalu, kdy zůstává zachován charakter průběhu změny amplitudy v čase (Čapek et al., 2018; Kolářová et al., 2019; Payton & Burden, 2018).



**Obrázek 1** Ukázka zpracování elektromyografického signálu u rychlého a pomalého pohybu (převzato z Kolářová, 2019).

### 2.5.1.2 Faktory ovlivňující kvalitu PEMG

Faktory ovlivňující kvalitu PEMG můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. Podle De Luca (1997) mezi vnější faktory patří lokalizace elektrody na svaly (vzhledem k motorickému bodu a šlacho-svalovému přechodu), vzdálenost a velikost elektrod,

vzdálenost mezi registrační elektrodou a sledovanými svalovými vlákny (tloušťka měkkých tkání nad svalem) a kontakt mezi elektrodami. Mezi vnitřní faktory patří množství aktivovaných motorických jednotek pod elektrodou, hloubka umístění aktivních svalových vláken vůči snímacím elektrodám a interference aktivity z okolních svalů (De Luca 1997; Valouchová & Lewit, 2007).

## 2.6 Svalové řetězce bojových sportů

Termín „kinematický řetězec“ se používá v souvislosti s hybným momentem nebo v souvislosti se situací, kdy svaly pracují v součinnosti, a produkují tak určitým směrem vedoucí linii pohybu. Myers (2014) popisuje u člověka celkem sedm kinematických řetězců (linií), zatímco Link a Chou (2016) ve své publikaci Bojová umění – anatomie, zmiňují šest kinematických řetězců, které se při bojových sportech zapojují.

- **Povrchová zadní linie**

Tento svalový řetězec dle Myerse (2014) spojuje zadní povrch těla od prstů (tj. prstů u nohy) po obočí. Řetězec zajišťuje posturální funkci a podporuje vzpřímení těla. Za jednotnou tuto linii považujeme, pokud jsou kolenní klouby extendovány. Link a Chou (2016) tento řetězec popisují jako zadní kinematický řetězec začínající od hamstringů směrem nahoru až po m. latissimus dorsi. Jeho působením dochází k podsazení pánve a propojení pohybů horní a dolní poloviny těla.

- **Povrchová přední linie**

Myers (2014) řetězcem popisuje spojení přední části povrchu těla od chodidel po hlavu. Pokud je pánev v neutrálním postavení, jedná se opět o jednotnou linii. Funkcí řetězce je chránit orgány v dutině břišní, dále aktivovat flexi trupu a flexi v kyčelních kloubech a udržovat extenzi kolenních kloubů. Sagitální posturální rovnováha je primárně udržována v celém těle pomocí povrchové přední a zadní linie. Link a Chou (2016) popisují tento řetězec jako kinematický řetězec extenze (natažení) dolní končetiny, ovšem extenze je prováděna jen v kolenním a hlezenním kloubu, v kyčelním kloubu probíhá flexe. Obvykle je tento řetězec spojován s kopy.

- **Laterální linie**

Tato linie obepíná každou stranu těla od vnější strany hlezna nahoru po laterální straně nohy, prochází podél trupu (podle vzoru překřížených tkaniček) pod rameno a dále na hlavu do oblasti ucha. Plní posturální funkci, vyvažuje přední a zadní linii, stabilizuje trup, provádí laterální flexi trupu, abdukci v kyčelních kloubech a everzi chodidla (Myers, 2014). Link a Chou (2016) tento řetězec vyznačují rotací trupu a jeho mírným posunem na jednu stranu např. při bočním kopu.

- **Spirální linie**

Obtáčí se kolem těla ve tvaru dvoušroubovice z oblasti lebky, kolem zadní části protějšího ramene a poté zepředu na stejnostranný bok, kolenní kloub a klenbu nohy. Spirální linie pomáhá udržovat rovnováhu ve všech rovinách, je důležitá pro rotace těla pro kontralaterální pohyby zejména pro chůzi (Myers, 2014). Link a Chou (2016) řetězec nazývají jako kinematický řetězec rotace pánve, kde probíhá rotace pánve, kterou můžeme uplatnit např. při otočkách.

- **Pažní linie**

Jsou celkem čtyři – probíhají z pletence pažního do čtyř segmentů ruky. Na palec, malíček, dlaň a dorsum ruky. První linie začíná na třetím až pátém žebru, skrz m. pectoralis minor a clavipectoralní fascii a pokračuje až na svaly thenaru k palcové straně, řetězec zajišťuje úchop palce. Druhou linii tvoří m. pectoralis major, m. latissimus dorsi a flexory ruky, provádí pohyb HK v sagitální rovině. Třetí linie vede od mm. rhomboidei, až ke svalům hypothenaru v oblasti malíčku, provádí extenzi HK a spolu s druhou linií se podílí na úchopu ruky. Čtvrtá linie začíná lig. nuchae a jde na dorsální stranu prstů ruky, napomáhá abdukci v ramenním kloubu (Myers, 2014). Link a Chou (2016) popisují tento řetězec jako, kinematický řetězec extenze HK, kdy dochází k flexi v ramenním kloubu a extenzi v kloubu loketním. Obvykle je tento řetězec spojován s údery rukou, blokem a odtlačováním od těla.

- **Funkční linie**

Jedná se o prodloužení pažní linie přes povrch trupu na protilehlou oblast pánve a dolní končetiny. Tyto řetězce jsou nazývány „funkční“ z toho důvodu, že oproti ostatním již zmiňovaným řetězcům podílejících se na udržování postury pracují méně, jelikož posturu neudržují. Přicházejí na řadu zejména během různých sportovních aktivit jako je například hod oštěpem nebo údery v bojových sportech. Funkční linie jsou dvě, přední a zadní. Zadní linie jde přes m. latissimus dorsi až na tuberositas tibiae. Přední linie jde od m. pectoralis major, přes laterální pochvu m. rectus abdominis, m. adductor longus na linea asperae femoris (Myers, 2014). Link a Chou (2016) hovoří o kinematickém řetězci natočení ramene, který je aktivován před samotným pohybem HK a rotací trupu. Běžnými příklady jsou údery rukou a nohou.

- **Přední hluboká linie**

Nachází se mezi postranním řetězcem levé a pravé strany, zepředu a zezadu je ohraničena předním a zadním povrchovým řetězcem a je obklopena spirálovitým řetězcem a funkčními řetězci. Oproti ostatním již zmiňovaným řetězcům je nutné na ni pohlížet jako na 3D objekt. Z hlediska postury hraje tento řetězec hlavní roli v držení těla. Stabilizuje všechny segmenty dolních končetin a ventrálně podporuje bederní páteř. Stabilizuje hrudník a zároveň umožňuje jeho roztahování během tzv. dechové vlny. Na závěr udržuje těžkou hlavu na relativně úzkém krku (Myers, 2014).

## 2.7 Thaibox

Thaibox – thajský box neboli Muay Thai je plnokontaktní bojové umění a národní sport Thajska. Toto bojové umění se mezi sporty zařadilo v roce 1921. Jedná se tedy o velmi mladý sport, ale jeho kořeny pocházejí ze starověkého umění Krabi Krabong, které se využívalo od 13. století ve válkách. V dnešní době je thaibox jedním z nejrozšířenějších bojových sportů světa a z jeho technik vychází mnoho moderních úpolových sportů (Delp, 2012; Rebac, 1994; Saengsawang, 2015).

V thajský box je také nazýván jako umění osmi končetin, protože bojovníci využívají k boji pěsti, lokty, kolena a holeně. Jednou z thajských národních tradic, které se zachovaly i do dnešní podoby umění, je rituální tanec Wai kru. Bojovník předvádí Wai kru v ringu vždy před samotným bojem a projevuje tím respekt a úctu svým trenérům (Pavelka & Stich, 2012; Turner, 2009).

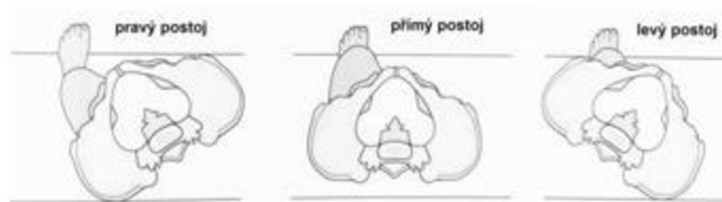
Zápasí se pouze ve stoje, zápas na zemi není povolen. Profesionální zápasy v thajském boxu trvají 5 kol po 2 nebo 3 minutách. Jednotlivá kola jsou oddělena dvouminutovou přestávkou. Amatérské zápasy trvají 3 kola po 2 minutách. Zápasy se konají v ringu, který splňuje předepsané rozměry. Na zápas dohlíží jeden kruhový rozhodčí a minimálně 3 bodoví rozhodčí. Zápas může skončit výhrou na body od jednoho z bojovníků nebo remízou. Zápas může také skončit Knock outem (KO), pokud jeden z bojovníků není schopen pokračovat v boji do 10 sekund od napadení soupeře. Kruhový rozhodčí má také právo zastavit zápas, pokud je jeden z bojovníků vážně zraněn. Je-li použita nedovolená technika, může dojít k anulování (*Česká Muathai Asociace*, 2022; Green et al., 2001; *International Federation of Muaythai Associations*, 2022; Neto, 2011; *Thaiboxing: Czech Muaythai Federation*, 2022; Turner, 2009).

Bojovníci používají různé ochranné pomůcky. V profesionálních zápasech se jedná o boxerské rukavice, suspensor, chránič zubů, obvazy zápěstí a kotníků. Kromě toho amatérské zápasy používají ochrannou přilbu, chrániče na holeně a chrániče loktů. Ženy musí do zápasu dále nastoupit s chráničem hrudi a pro juniorské kategorie je povinná ochranná vesta (*Česká Muathai Asociace*, 2022).



### 2.7.1 Postoj

Na rozdíl od jiných bojových sportů v thaiboxu se využívá jen jeden pevný postoj. Postoj se určuje laterální vyhraněností, je-li zápasník pravák, je v základním postoji jeho levá noha i ruka vpřed. Ze základního postoje vychází všechny útoky a obrany. Šířka postoje odpovídá šíři ramen a délka se rovná průměrnému kroku (je tedy individuální). Váha těla je rovnoměrně rozložena na obě DKK, chodidla jsou po celou dobu mírně na špičkách a obě kolena jsou mírně flektovaná. Přední chodidlo směřuje vpřed, zadní chodidlo je vytočeno směrem ven o 45 °. Trup je držěn zpřímá a je mírně pootočen na stranu. HKK jsou zdviženy k hlavě, flektovány v loketních kloubech, tak aby byla dostatečně kryta hlava a část trupu. V praxi bojovníci prohlubují hrudní kyfózu a ramena tlačí do protrakce, aby pokryli co největší část hlavy a trupu. Z této pozice je bojovník schopný provádět kopy, údery a kryty (Harvey, 2012; Vít et al, 2010).



**Obrázek 2** Postavení pánve při bojovém postoji (Johnson, 2012)

### 2.7.2 Údery

Všechny údery, které zde budou zmíněny, začínají ze základního postavení. Údery rukou bývají rychlejší a přesnější než kopy. Váha dolní končetiny je zhruba dvojnásobná oproti horní končetině. Aby měl úder dostatečnou tvrdost, musí být podpořen váhou těla. Toho docílíme rotací trupu zároveň s aktivací HK. Důležité je správné dýchání, s dopadem pěsti na cíl následuje výdech.

#### 2.7.2.1 Přímý úder (direkt)

Přímý úder (direkt) je jednou z nejpoužívanějších pěstních technik. Tento úder může sloužit k několika různým účelům: k odvracení útoku, k vytvoření příležitosti pro vlastní útok, ke klamání soupeře nebo jako vítězný úder způsobující KO. Díky tomu, že

paže musí urazit jen relativně malou vzdálenost, může být tímto úderem soupeř opravdu překvapen. Síla tohoto pohybu záleží hlavně na koordinaci zadního kinematického řetězce a natočení ramene. Poloha předloktí je v pronaci, neboť je mnohem pevnější při úderu než supinace. Klíčovými dynamickými svaly při tomto pohybu na HK jsou m. deltoideus, m. triceps brachii, mm. pectorales, m. serratus anterior a pronátory předloktí. Pohyb těla dále dynamicky zajišťují šikmé břišní svaly m. quadriceps femoris (m. vastus medialis) a triceps surae. Mezi klíčové statické svaly řadíme přímý břišní sval a stabilizátory páteře, zadní část m. deltoideus, m. gluteus maximus, m. quadriceps femoris (m. rectus femoris, m. vastus lateralis) a hamstringy (Link & Chou, 2016; Harvey, 2012; Rebac, 1994).

#### **2.7.2.1.1 Direkt ze přední ruky**

Pohyb paže začíná v ramenním kloubu, přední HK vyráží přímočaře vpřed, současně s úderem se přetáčí trup do pozice, kdy je pěst přední ruky téměř v ose s ramenním kloubem zadní ruky. Váha je kompletně přenesena na přední chodilo, pata zadní DK není v kontaktu s podložkou. Hlava lehce nakloněná ve směru úderu. Pěst se do úderu dotáčí těsně před dopadem. Ruka se vrací po stejné dráze zpět do základního postavení. Zadní HK kryje bradu (Nonnemacher, 2009; Vít et al, 2010).

#### **2.7.2.1.2 Direkt ze zadní ruky**

Pohyb paže začíná v ramenním kloubu, zadní HK vyráží přímočaře vpřed, loket směřuje dolů. Současně se přetáčí trup a s ním se vytáčí zadní bok ve směru úderu. Váha je přenesena na přední DK, pata zadní DK není v kontaktu s podložkou. Pěst se do úderu dotáčí těsně před dopadem. HK se vrací po stejné dráze zpět do základního postavení. Přední HK kryje bradu (Nonnemacher, 2009; Vít et al, 2010).

#### **2.7.2.2 Obloukový úder**

Jeden z nejrychlejších úderů je dost rychlý i silný na to, aby soupeře překvapil. Provádí se podle stejných principů jako direkt, jen je veden na soupeřovu hlavu nebo žebra obloukem. Modifikací provedenou zespodu na bradu se mění ve zvedák. Obvykle

se v souvislosti s tímto typem úderu upozorňuje na význam zadního kinematického řetězce, avšak je tu také nemalá role postranního kinematického řetězce a rotace v kyčli. Důležité dynamické svaly jsou m. trapezius, mm. rhomboidei, m. deltoideus, m. triceps brachii a extenzory zápěstí. Dále pohybu pomáhají m. gluteus maximus, m. gluteus medius, m. quadriceps femoris a m. triceps surae. Hlavní statické svaly u tohoto pohybu jsou zadní část m. deltoideus, šikmé břišní svaly a stabilizátory páteře (Link & Chou, 2016; Rebac, 1994).

#### **2.7.2.2.1 Hák**

Hák může bojovník provést z přední i zadní HK. Dráhou HK je oblouk ze strany. Pohyb začíná z ramenního kloubu, loket je v úhlu přibližně 90 ° a je na úrovni zápěstí nebo výše, neklesá pod. Boky a trup se přetáčí ve směru úderu přes břicho chodidla přední nohy. Úder nepřesáhne přes úroveň hlavy. Zpět se, až na krátký počáteční úsek, který kopíruje první fázi úderu, vrací pěst po nejkratší dráze. Během pohybu se otáčí noha a boky do základního postavení. Zadní HK kryje bradu (Nonnemacher, 2009; Vít et al, 2010).

#### **2.7.2.2.2 Zvedák**

Tento úder může bojovník provést z přední i zadní HK. Dráhou zvedáku je oblouk. Nejprve přední HK klesne díky pohybu v loketním kloubu a poté stoupá k úrovni brady. Zároveň se ve směru úderu přetáčí trup, vytáčí se přední bok a pata přední nohy na bříšku chodidla. Zpět zvedák nejprve velmi krátce opisuje původní dráhu úderu a poté se vrací po nejkratší dráze zpět do základního postoje nebo do krytu. Zadní HK kryje bradu (Nonnemacher, 2009; Vít et al, 2010).

#### **2.7.2.3 Úder loktem**

Úder loktem je v thaiboxu jeden z nejtvrděších zbraní bojovníka a lze jediným úderem soupeře vyřadit ze zápasu. Existují tři základní techniky loktem, ze kterých se vychází: úder loktem vedený ze strany, úder loktem vedený shora a úder loktem vedený zespodu. Při tomto úderu se nejvíce zapojuje zadní řetězec, rotace trupu a vytočení

ramene. Tento úder je většinou používán na blízké cíle, proto je zde výrazná rotace pánve a trupu oproti předchozím úderům. Svaly zapojující se do úderu jsou mm. pectorales, m. serratus anterior, přední část m. deltoideus, m. biceps brachii, m. gluteus maximus a kontralaterální břišní svaly. Stabilizační funkci plní břišní svaly společně se stabilizačním systémem páteře (Link & Chou, 2016; Rebac, 1994).

## 2.8 Lateralita

Termín lateralita představuje stranovou asymetrii ve stavbě těla a zapojení jeho párových orgánů do různých funkcí. U člověka se lateralita může vázat jak k orgánům hybným (končetiny), tak i k centrální nervové soustavě (mozkové hemisféry). Mnoho lidí používá k běžným úkonům pravou ruku, proto jsou nazýváni „praváci“, jiní využívají levou ruku – „leváci“. Někteří lidé ovšem využívají obě ruce stejně a tato dovednost se nazývá ambidextrie. Studie posledních let prokázaly, že „leváci“ v obecné populaci zůstali stabilní po dobu 10 000 let a tato stabilita v průběhu let naznačuje určitou výhodu být levák, jinak by evoluční mechanismy tento polymorfismus z populace odstranily. Přednostní užívání tzv. vedoucí ruky souvisí se specializací mozkových hemisfér. Levá hemisféra přednostně přijímá informace z pravé poloviny těla a řídí hybnost pravé poloviny těla. U pravé hemisféry je to přesně naopak. Téměř u 95 % praváků se v levé hemisféře nachází jednak důležitá centra pro schopnost řeči a jazyku, jednak se zde aktivují oblasti pro gestikulaci. U leváků se ve vyrovnaném zastoupení může objevovat jak uvedená distribuce funkčních center, tak zrcadlově převrácená (Baker & Schorer, 2013; Vařeka, 2001; Žáková, 2019).

Autoři v literatuře udávají různé termíny pro stranovou asymetrii, základní rozdělení definoval Měkota (1984), který laterální preferenci popsal jako přednostní užívání párového orgánu či struktury pro určitou funkci, zatímco laterální dominanci jako stranově rozdílnou výkonnost pro stejnou činnost (funkci) (Vařeka, 2001). Je obecně známo, že kvalita pohybu ve smyslu jemnější a lepší koordinace a přesnosti provedení je závislá na laterální preferenci končetiny. Souvislost mezi pohybovými projevy preferované a nepreferované končetiny však nemusí být jednoznačná pro všechny osoby. Obecně je přijímaná myšlenka, že kdo je „šikovnější“ – lépe koordinčně vybaven na preferované končetině, ten dosáhne také lepších výsledků na nepreferované končetině (i když mezi preferovanou a nepreferovanou končetinou se uvažuje o rozdílech) (Veverka, 2011).

Vyšetření ke stanovení laterality je závislé na typu laterality. Téměř všechny metody používané pro určení preference jsou založeny na několika spontánně prováděných činnostech, nejlépe každodenních, pro jejichž vykonávání se používá jedna (ta stejná) ruka (Žáková, 2019). V zahraničí je nejběžnější používaný dotazník Edinburgh Handedness Inventory, zkr. EDI (Oldfield 1971), který zahrnuje deset různých úkonů

včetně psaní, kdy dotazovaní jedinci vyplňují, kterou ruku, pro jakou činnost používají. Podobný test byl sestaven britskou psycholožkou Anett, nazýván Anett Hand Preference Questionnaire, zkr. AHPQ (Dragovic, M. & Hammond, 2007). Dominance je stanovována složitěji pomocí testů různé obtížnosti, složitosti a sofistikovanosti, zaměřených na rozdílnou výkonnost párových orgánů při testu (Vařeka, 2001).

Literatura uvádí větší procento zastoupení leváků v interaktivních sportech, (např. tenis, judo, box, lední hokej atd.) než v neinteraktivních sportech (např. plavání, gymnastika atd.). Lateralita v bojovém umění má velmi důležitou roli, Raymond a kol. (1996) ve své práci uvádějí, větší procento zastoupení leváků (cca 17 %) v bojovém umění, ve srovnání s podíly leváků v běžné populaci (cca 10–12 %). Většina autorů prosazuje hypotézu strategické výhody leváků, neboť taktické a tréninkové plány jsou většinou sestaveny pro praváky (větší zastoupení v populaci) (Dopico et al., 2016). Cingoz a kol. (2018) ve své studii porovnávali rozdíl mezi preferovanou horní končetinou a úspěchem bojovníků karate a taekwonda, studie se zúčastnilo 255 sportovců a nebyl zjištěn žádný vztah mezi medailovým umístěním a preferovanou končetinou.

## 2.9 Studie

První využití EMG pro srovnání svalové aktivity u ramenního kloubu použil Kronberg et al. (1990) ve své studii „Svalová aktivita a koordinace v normálním rameni.“ Svalová aktivita a koordinace ramenního kloubu byla zkoumána na pěti zdravých probandech pomocí SEMG během následujících pohybů flexe, extenze, abdukce, zevní a vnitřní rotace, a to v  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  a v  $90^\circ$  se zátěží 2 kg. Aktivita pomocí povrchových elektrod byla snímána paralelně z m. subscapularis, m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. pectoralis major (pars sternalis), m. deltoideus (všechny části) a m. latissimus dorsi. Výsledky této studie dokázaly, že koordinace svalových kontrakcí hraje významnou roli při stabilizaci ramenního kloubu. M. infraspinatus, m. subscapularis a m. latissimus dorsi působí jako stabilizátory během flexe a m. subscapularis společně s m. supraspinatus působí jako stabilizátory během zevní rotace a extenze.

Na tuto práci dále navazuje James Wickham et al. (2010), jehož cílem bylo stanovit timing jednotlivých svalů a vytvořit referenční databázi aktivity ramenních svalů v dynamických pohybech, která by byla dále výzkumníky použita pro srovnání s patologickými rameny. Do této studie vybrali 24 probandů (13 mužů a 11 žen) ve věkovém rozmezí 18–37 let, bez patologických stavů ramene. Měření celkově zahrnovalo 15 svalů ramenního pletence a pohyb byl měřen do abdukce/addukce ve frontální rovině ( $0^\circ - 180^\circ - 0^\circ$ ). Zátěž odpovídala 25 % silového výkonu, typicky pro většinu subjektů se rovnala 2,5 kg. Probandi při měření zaujímalí anatomické postavení. Rychlost pohybu byla standardizována tak, že výzkumník nahlas počítal načasování pohybu, přičemž počítal 4 s, než horní končetina dosáhla plné elevace a pak 4 s, než se horní končetina vrátila do výchozí pozice. Probandi tento pohyb prováděli 10x s 30 s pauzou mezi jednotlivými pokusy. Aby bylo možné data normalizovat bylo naměřeno sedm různých izometrických kontrakcí. Výsledky studie poukazují na aktivitu svalů před začátkem pohybu v následujícím pořadí m. supraspinatus, m. trapezius (střední vlákna) a m. deltoideus (střední část). Ihned po zahájení pohybu se aktivují m. serratus anterior a m. trapezius (horní vlákna) a poté následují m. rhomboidei m. deltoideus (přední část), m. deltoideus (zadní část) a další. Jako poslední svou aktivitu zahajuje m. pectoralis major. Skupinové průměrné výsledky nejvyšší svalové intenzity ukázaly, že stejné tři svaly, které vykazovaly nástup před začátkem pohybu (m. supraspinatus, střední vlákna

m. trapezius a střední část m. deltoideus), byly také prvními třemi svaly ve stejném pořadí, které nejdříve dosáhly v pohybu do abdukce své maximální intenzity.

Téma povrchové elektromyografie u ramenního pletence najdeme i ve studii Romualdo Castillo-Lozano et al. (2014). Jejich cílem bylo porovnání aktivace ramenních svalů v různých stupních elevace a rychlostí během aktivity ve vodě a na suchu. Studii zahrnovalo 16 praváků (8 mužů a 8 žen), s průměrným věkem 26,1 let. Probandi prováděli 3 pohyby pravou HK (flexe, abdukce a horizontální addukce) v rozmezí 0 ° - 90 °. Tyto pohyby konali ve 3 rychlostech (30 °/s, 45 °/s a 90 °/s) ve vodním prostředí (odlehčené prostředí) a na suchu. Normalizace dat proběhla pomocí maximální izometrické kontrakce svalů. Hlavní zjištěním bylo, že porovnání stejné rychlosti a pohybu jak ve vodě, tak na souši ukázalo změny v pořadí aktivace svalů. Na suchu dochází k větší aktivaci svalů vykonávající daný pohyb, hlavními iniciátory pohybu jsou m. deltoideus (přední část) a m. trapezius (horní vlákna) zatímco ve vodě dochází k aktivaci stabilizačních svalů, zejména m. pectoralis major a m. deltoideus (střední část).

Kunio Yoshizaki et al. (2009) ve své studii zkoumali skapulohumerální rytmus ramene u dominantní a nedominantní končetiny u zdravých jedinců. Studie zahrnovala 18 vysokoškolských studentů (14 mužů a 4 ženy) s průměrným věkem 24 let. Ve zkoumané skupině byla dominantní končetina pravá ve 14 případech a levá ve 4 případech. Probandi byli bez bolestí, instability a omezení pohybu v ramenním kloubu, nevyskytovala se u nich skolióza ani asymetrie hrudního koše. Pohyb v ramenním kloubu probíhal ve skapulární rovině (rovinu odkloněnou 30 ° od roviny frontální) od 0 ° do maximálního rozsahu (180 °) po dobu 6 s, poté následovala izometrická kontrakce po dobu 3 s a návrat zpět do výchozí pozice za 6 s. Pro sběr kinematických dat byl použit počítačový 3D pohybový analyzátor a svalová aktivita byla hodnocena pomocí SEMG. Měřeny byly 4 svaly ramenního pletence, jejich aktivita dle této studie vrcholila okolo 120 °– 130 ° a pak postupně klesala. Nejvyšší aktivitu vykazoval m. deltoideus (střední část) a nejnižší m. trapezius (dolní část). Statisticky významný rozdíl v celém pohybu mezi dominantní a nedominantní stranou byl zjištěn pouze v iniciační fázi elevace pro m. deltoideus (střední část) a pro m. serratus anterior.

Podobným tématem se zabývala studie Diederichsena et al. (2007), která prozkoumávala, zdali existuje rozdíl ve svalové aktivitě mezi dominantní a nedominantní stranou během standardizovaných pohybů u zdravých subjektů. Studie se zúčastnilo 20



probandů (3 ženy a 17 mužů) ve věkovém rozmezí 23–27 let, bez jakéhokoliv problému s ramenním pletencem. Z 20 probandů bylo 17 praváku a 3 leváci. Preference ruky se stanovila pomocí modifikovaného Edinburghského dotazníku. Měření probíhalo na přesně navrženém stroji nastavitelném na různá zatížení a navržen tak, aby zaznamenával síly a polohu končetin během pohybu. V rámci studie byl měřen pohyb do abdukce ( $0^{\circ}$ – $110^{\circ}$ ) a do zevní rotace ( $-80^{\circ}$ – $40^{\circ}$ ) a každý pohyb byl proveden 5x. Pro normalizaci dat byla také změřena izometrická kontrakce ve čtyřech polohách. Dle výsledků, byla mezi oběma stranami značná asymetrie ve svalové aktivitě testovaných svalů. Během abdukce vykazovaly svaly ramene vyšší aktivitu na nedominantní straně, zatímco při pohybu do zevní rotace byla vyšší aktivita svalů na dominantní straně. Postupný nárůst svalové aktivity během abdukce vykazovaly svaly – m. deltoideus (přední a střední část), m. trapezius (horní vlákna) a m. serratus anterior. Svaly rotátorové manžety (m. supraspinatus a m. infraspinatus), vykazovaly poněkud odlišný vzorec aktivity s nárůstem amplitudy na začátku pohybu následným postupným snižováním souvisejícím s úhlem abdukce. Během zevní rotace byl nejvíce aktivní m. infraspinatus, m. trapezius (dolní vlákna) a m. supraspinatus. Amplituda záznamu pro m. serratus anterior, m. deltoideus (přední a střední část), m. latissimus dorsi a m. trapezius (horní vlákna) byla po celou dobu pohybu nízká.

V současné literatuře neexistují studie o elektromyografickém záznamu aktivity svalů ramenního pletence u bojového umění thaibox. V literatuře ale můžeme najít studii týkající se povrchové elektromyografie při úderu horní končetinou v karate. Studie byla vypracována Vences Brito et al. (2011) a cílem bylo charakterizovat aktivitu svalů pomocí SEMG během úderu *choku-zuki* prováděného zkušenými karatisty a porovnat výsledky s kontrolní skupinou (bez zkušenosti s karate). Skupina karatistů se skládala z 10 mužů a 8 žen a kontrolní skupinu tvořilo 9 mužů a 10 žen. Úder byl prováděn pravou HK do pevného cíle (dřevěná deska), každý proband provedl 20 opakování, rozdělených do 4 sérií, s odpočinkovou pauzou 5 s. Flexe ramenního kloubu měla průměrně  $65^{\circ}$ . Normalizace dat proběhla pomocí izometrické maximální dobrovolné kontrakce. První svaly, které byly aktivovány u skupiny karate během úderu jsou flexory a vnitřní rotátory ramenního kloubu, v tomto případě měřené svaly m. deltoideus (přední část) a m. pectoralis major (klavikulární a sternální část). Aktivita antagonistických svalů m. deltoideus (zadní část) a m. infraspinatus začala přibližně o 100 ms později. Porovnáním svalové aktivity mezi skupinami bylo zjištěno, že kontrolní skupina

vykazovala výrazně větší časový interval mezi dobou vrcholu aktivity a kontaktem s pevným cílem.

### **3 CÍL PRÁCE**

Cílem práce je zhodnotit a porovnat pomocí povrchové elektromyografie aktivitu vybraných svalů ramenního pletence při pohybu do flexe a abdukce u dominantní a nedominantní horní končetiny v rámci dvou skupin (thaibox, kontrolní skupina). K porovnání bude probíhat měření s/bez zátěže.

### **4 VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

1. Existuje rozdíl ve svalové aktivitě mezi dominantní a nedominantní končetinou při abdukci v ramenním kloubu vykonávané s/bez zátěže u běžné populace?
2. Existuje rozdíl ve svalové aktivitě mezi dominantní a nedominantní končetinou při flexi v ramenním kloubu vykonávané s/bez zátěže běžné populace?
3. Existuje rozdíl ve svalové aktivitě dominantní končetiny při abdukci v ramenním kloubu vykonávané s/bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?
4. Existuje rozdíl ve svalové aktivitě dominantní končetiny při flexi v ramenním kloubu vykonávané s/ bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?
5. Existuje rozdíl ve svalové aktivitě nedominantní končetiny při abdukci v ramenním kloubu vykonávané s/ bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?
6. Existuje rozdíl ve svalové aktivitě nedominantní končetiny při flexi v ramenním kloubu vykonávané s/ bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?

## 5 METODIKA

### 5.1 Charakteristika souboru

Výzkumný soubor celkově tvořilo 30 probandů. Kontrolní skupinu tvořilo 12 probandů, z toho 5 žen a 7 mužů ve věku od 18 do 40 let s průměrným věkem 25,75 let. Průměrná hmotnost 71,92 kg. Kritéria pro splnění účasti byla následující: věk 18–40 let, bez operace a úrazu na HK, bez bolestí krční páteře, bez pravidelné sportovní aktivity (max. 2 týdně) a bez historie vykonávání bojového sportu. Skupina thaiboxerů činila 18 probandů z toho 5 žen a 13 mužů. Data této skupiny byla převzata z výzkumného souboru naměřeného v roce 2021 z Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Všichni účastníci tohoto výzkumu byli před zahájením měření seznámeni o jeho průběhu v rámci DP a podepsali informovaný souhlas (Příloha 1) schválený Etickou komisí FTK UP.

### 5.2 Vyšetření

Měření kontrolní skupiny probíhalo v únoru 2022 částečně v laboratoři FTK UP a částečně v domácím prostředí probandů. Sběr dat byl prováděn dvěma studentkami navazujícího magisterského studia za účelem vypracování dvou diplomových prací. Před zahájením vyšetření byli probandi vyzváni k vyplnění krátkého dotazníku zahrnující věk, váhu, údaje týkající se úrazu a bolestí pohybového aparátu. Poté následoval dotazník k určení dominantní strany, pro tuto diplomovou práci byla zvolena krátká verze Edinburghského dotazníku (Příloha 2). Z výsledků dotazníku se do studie v rámci kontrolní skupiny zařadilo 7 probandů s dominantní pravou horní končetinou a 5 probandů s dominantní levou horní končetinou.

První část vyšetření prováděna studentkou 1, zahrnovala test dvou vah, vyšetření stoje aspekci, kde se vizuálně hodnotilo postavení hlavy, ramenního pletence, páteře, pánve a dolních končetin z dorzální, laterální a ventrální strany. Dále vyšetření zahrnovalo vyšetření rozsahu pohybu v kyčelních kloubech a dominanci DK pomocí Waterloo footedness questionnaire neboť druhé téma diplomové práce se týká EMG kyčelního kloubu. Druhá část vyšetření prováděná studentkou 2, obsahovala vyšetření

hypermobility dle Jandy (1996) (zkouška šály, zkouška zapažených paží, zkouška založených paží). Dále bylo provedeno vyšetření instability ramenního kloubu pomocí tří testů – přední Apprehension test, Jerk test a sulcus sign. Vyšetření také zahrnovalo test polohy na čtyřech dle Koláře (2009) s modifikací odlehčení HK. V rámci vyšetření nebyla shledána žádná patologie, která by neumožnila zařazení probanda do studie. K určení správné zátěže před testováním proběhlo zvažení a zátěž byla vypočítána na 3 % tělesné váhy dle Bolgla & Uhl (2005).

### 5.3 Technické vybavení

Pro hodnocení svalové aktivity pomocí SEMG byl použit osmikanálový přístroj společnosti Noraxon TeleMyo 2400T G2 (Obrázek 3). Získaný záznam svalové aktivity byl dále upravován v programu MyoResearch XP Master. Svalová aktivita byla snímána pomocí jednorázových povrchových samolepících elektrod Kendall-ARBO silver-silver chlorid s pevným hydrogelem a průměru 24 mm (Obrázek 4). Pro pohyb se zátěží byly použity činky o hmotnosti od 1,5 kg do 2,5 kg od společnosti NYAMBA.



**Obrázek 3.** Přístroj EMG (zdroj: vlastní archiv autora)



**Obrázek 4.** Elektrody k měření (zdroj: vlastní archiv autora)

#### **5.4 Umístění elektrod**

Před aplikací jednorázových elektrod, byla kůže probanda důkladně očištěna vodou a následně vysušena ručníkem. Na základě předchozí palpce a ozřejmění svalu pomocí izometrické kontrakce byly elektrody umístěny na střed svalového břicha paralelně se svalovými vlákny. Referenční elektroda byla nalepena na acromion pravého ramenního pletence. Elektrody byly na tělo aplikovány dle doporučení SENIAM a vzdálenost středů elektrod byla cca 20 mm. Po nalepení elektrod následovalo připojení svodů a přístroj EMG byl pomocí pásky zavěšen kolem pasu probanda. Poté proběhla kontrola správného umístění elektrod porovnáním volní kontrakce svalů s jejich elektromyografickým záznamem. Umístění elektrod na svalová břicha bylo následující (Obrázek 5):

- 1) m. trapezius (horní vlákna)
- 2) m. trapezius (střední vlákna)
- 3) m. deltoideus (střední část)
- 4) m. deltoideus (přední část)
- 5) m. serratus anterior



**Obrázek 5.** Umístění elektrod (zdroj: vlastní archiv autora)

## 5.5 Průběh měření

Samostatné měření probíhalo ve stoji u zdi, aby pohyb do abdukce byl ve frontální rovině. První byla měřena dominantní končetina a následně nedominantní končetina. Výchozí stoj byl volný stoj s rozkročenými DK na úrovni ramen, paže byly umístěny podél těla. Před započítáním vlastního měření byly testované pohyby probandům důkladně vysvětleny, následně probandy vyzkoušeny a případně fyzioterapeutem upraveny.

Prvním měřeným pohybem byla abdukce v ramenním kloubu bez zátěže do  $90^\circ$  s extendovaným loktem a s předloktím v neutrálním postavení. Proband na pokyn „ted“ provedl abdukci v ramenním kloubu spontánní rychlostí (Obrázek 6) a na pokyn „zpět“ vrátil HK do výchozí pozice. Následovalo stejné provedení pohybu s použitím zátěže (činky) dle dané hmotnosti. Dalším pohybem byl pohyb do flexe v ramenním kloubu bez zátěže do  $90^\circ$  s extendovaným loktem a s předloktím v pronačním postavení. Proband znovu na pokyn „ted“ provedl flexi v ramenním kloubu spontánní rychlostí (Obrázek 7) a na pohyb „zpět“ vrátil končetinu do výchozí pozice. Poté následoval stejný pohyb se zátěží dle dané hmotnosti.





**Obrázek 6.** Provedení pohybu do abdukce (zdroj: vlastní archiv autora)



**Obrázek 7.** Provedení pohybu do flexe (pořízeno ze dvou stran)  
(zdroj: vlastní archiv autora)



Samostatné měření probíhalo vždy třikrát za sebou, kdy první pohyb byl označován jako zkušební pokus, k analýze se využíval druhý pokus. V případě nepoužitelnosti druhého pokusu byl použit k analýze záznamu třetí pokus. Po provedení všech pohybů byly testovanému odpojeny svody a jednorázové elektrody.

## **5.6 Zpracování dat**

Zpracování signálu probíhalo v programu MyoResearch XP Master. Surový záznam EMG signálu byl upraven a vyčištěn od EKG signálu pomocí filtrace, rektifikace a vyhlazení. V rámci měření byly nastavené markery při pokynu „řed“ dále při dosažení pohybu v 90 °, při pokynu „zpět“ a v momentě dokončení pohybu do výchozí pozice. Pro tuto analýzu se využila část záznamu od markeru „řed“ po marker dosažení pohybu v 90 °. Pro určení timingu svalů byla pomocí funkce „marker menu“ nastavena hodnota rise na 10 % a do záznamu byl touto funkcí přidán marker zobrazující začátek aktivity daného svalu. Pomocí zaznamenaných markeru jednotlivých svalů, byly svaly vzestupně seřazeny dle jejich aktivace během daného pohybu. Dále ve funkci „marker menu“ byl nastaven marker max. a pomocí této funkce byl do záznamu vložen marker s označením maximální svalové aktivity. Poté byl pomocí markeru rise a markeru max. vypočítán čas od začátku svalové aktivity do její maximální hodnoty. Normalizace byla stanovena pomocí hodnot mean amplitude a peak amplitude. Všechna data z analýzy záznamu byla zpracována do programu Microsoft Office Excel 2010 a poté statisticky zpracována v programu Statistica, kde byly využity testy: Znaménkový test, Wilcoxonův párový test a Mann-Whitney U Test.

## 6 VÝSLEDKY

### 6.1 Vědecká otázka č. 1

*Existuje rozdíl ve svalové aktivitě mezi dominantní a nedominantní končetinou při abdukci v ramenním kloubu vykonávané s/bez zátěže u běžné populace?*

U kontrolní skupiny byl pro porovnání normalizovaných hodnot svalové aktivity při abdukci mezi dominantní a nedominantní končetinou bez zátěže a při pohybu se zátěží využit Wilcoxonův párový test.

**Tabulka 1** Výsledky Wilcoxonova testu pro porovnání hodnot při abdukci bez zátěže u dominantní a nedominantní končetiny

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,58292	0,549125
m. trapezius (střední vlákna)	0,58292	0,549125
m.deltoideus (střední část)	0,209428	1,255143
m. deltoideus (přední část)	0,272096	1,09825
m. serratus anterior	<b>0,015794</b>	<b>2,412036</b>

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

Tabulka 1 zobrazuje hodnoty získané pomocí tohoto testu v rámci abdukce mezi dominantní a nedominantní HK bez zátěže. Červenou barvou jsou zvýrazněny případy, kdy bylo dosaženo hladiny statistické významnosti, která byla nastavena na  $p < 0,05$ . V tomto případě statisticky významné hodnoty dosahuje m. serratus anterior. Průměrná normalizovaná hodnota m. serratus anterior pro dominantní a nedominantní končetinu je uvedena v tabulce 2. Z dat vyplývá, že vyšší aktivitu m. serratus anterior vykazuje u pohybu do abdukce dominantní končetinou.

**Tabulka 2** Průměrné p-hodnoty při abdukci bez zátěže u dominantní a nedominantní končetiny

Proměnná	D	N
m. trapezius (horní vlákna)	0,442345	0,462882
m. trapezius (střední vlákna)	0,484992	0,496514
m.deltoideus (střední část)	0,434246	0,480946
m. deltoideus (přední část)	0,429363	0,459948
m. serratus anterior	0,418847	0,349367

*Legenda: sval – zkoumaný sval, D – dominantní, N – nedominantní*

Stejný test byl použit pro statistickou analýzu stejného pohybu se zátěží, kde nebyla nalezena žádná statistická významnost. Hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 3, nejbliže se statistické významnosti přiblížil m. deltoideus (přední část).

**Tabulka 3** Výsledky Wilcoxonova testu pro porovnání hodnot při abdukci se zátěží u dominantní a nedominantní končetiny

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,272096	1,09825
m. trapezius (střední vlákna)	0,307822	1,019804
m.deltoideus (střední část)	0,182339	1,33359
m. deltoideus (přední část)	0,15794	1,412036
m. serratus anterior	0,432768	0,784465

Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami

V rámci zpracování dat, byl hodnocen parametr čas, který vyjadřuje dobu, za kterou sval dosáhl svého maxima od začátku jeho aktivace. Pro tento parametr byl taktéž využit Wilcoxonův párový test a dále Znaménkový test pro srovnání dominantní a nedominantní HK. Dle obou testů není žádná hodnota statisticky významná. Nejvíce se významnosti přibližuje při pohybu bez zátěže m. trapezius (horní vlákna) a při pohybu se zátěží se žádný sval statistické významnosti nepřiblížil (Tabulka 4).

**Tabulka 4** Výsledky pro porovnání hodnot při abdukci u dominantní a nedominantní končetiny

sval	Bez zátěže		zátěž	
	p-hodnota	Z	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,07119	1,804268	0,480177	0,706018
m. trapezius (střední vlákna)	0,937473	0,078446	0,239317	1,176697
m.deltoideus (střední část)	0,753684	0,313786	0,637871	0,470679
m. deltoideus (přední část)	0,637871	0,470679	1	0
m. serratus anterior	0,386476	0,866025	0,386476	0,866025

Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami

Dále se hodnotilo pořadí zapojení jednotlivých svalů během pohybu pomocí funkce modus a průměrných hodnot zapojení svalů (Tabulka 5). Funkce modus představuje hodnotu, která se v daném souboru vyskytuje nejčastěji, zatímco průměr je hodnota, která vyjadřuje aritmetický průměr. Proto se jednotlivé zapojení svalů může dle daných hodnot lišit. V rámci porovnání těchto dat, nedošlo ke změně zapojení svalů při pohybu s/bez zátěže. Postupnou aktivaci svalů lze přibližně popsat následovně. Prvními svaly zapojující se do abdukce v ramenním kloubu jsou m. serratus anterior a m. trapezius (střední vlákna), následuje m. trapezius (horní vlákna) spolu s m. deltoideus (přední a střední část).

**Tabulka 5** Hodnoty zapojení svalů při flexi

sval	<i>Modus</i>				<i>Průměr</i>			
	Bez zátěže		zátěž		Bez zátěže		zátěž	
	<b>D</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>N</b>
m. trapezius (horní vlákna)	3	5	3	5	3,083333	2,5	2,75	3,25
m. trapezius (střední vlákna)	5	1	1	3	3,416667	2,5	2,33333	2,25
m. deltoideus (střední část)	3	2	2	2	2,166667	3,5	2,91666	2,166667
m. deltoideus (přední část)	2	3	4	5	3,333333	3,666667	3,41666	4,25
m. serratus anterior	1	2	1	2	2,1666667	1,9166667	2,5	2,333333

Z výše uvedených výsledků lze na první výzkumnou otázku odpovědět, že byla nalezena statisticky významná hodnota normalizace v aktivaci dominantní a nedominantní končetiny jen při abdukci bez zátěže, a to u svalu m. serratus anterior, kdy výraznější aktivita byla na straně dominantní končetiny. Pro parametr čas, žádný z uvedených svalů nedosáhl své statistické významnosti.

## 6.2 Vědecká otázka č. 2

*Existuje rozdíl ve svalové aktivitě mezi dominantní a nedominantní končetinou při flexi v ramenním kloubu vykonávané s/bez zátěže běžné populace?*

U pohybu ramenního kloubu do flexe bez zátěže byl pro porovnání normalizovaných hodnot svalové aktivity mezi dominantní a nedominantní končetinou použit Wilcoxonův párový test. Statistická významnost se prokázala pouze u červeně zvýrazněného svalu m. serratus anterior (Tabulka 6). Statistické významnosti se dále přiblížily svaly m. deltoideus (přední část) a m. trapezius (střední vlákna).

**Tabulka 6** Výsledky Wilcoxonova testu pro porovnání hodnot při flexi bez zátěže u dominantní a nedominantní končetiny

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,753684	0,313786
m. trapezius (střední vlákna)	0,182339	1,33359
m. deltoideus (střední část)	0,480177	0,706018
m. deltoideus (přední část)	0,15794	1,412036
m. serratus anterior	<b>0,04139</b>	<b>2,039608</b>

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

V tabulce 7 je znázorněná průměrná p-hodnota normalizace statisticky významného svalu m. serratus anterior. Z průměrné p-hodnoty normalizace pro dominantní a nedominantní končetinu a p-hodnoty z Wilcoxonova párového testu vyplývá, že vyšší aktivita svalu je na dominantní končetině.

**Tabulka 7** Průměrné p-hodnoty při flexi bez zátěže u dominantní a nedominantní končetiny

sval	D	N
m. trapezius (horní vlákna)	0,496959	0,48871
m. trapezius (střední vlákna)	0,510467	0,544431
m. deltoideus (střední část)	0,423907	0,399978
m. deltoideus (přední část)	0,50921	0,413905
m. serratus anterior	0,423595	0,352514

*Legenda: sval – zkoumaný sval, D – dominantní, N – nedominantní*

Pohyb se zátěží byl hodnocen podle stejného testu (Tabulka 8). Statisticky významné svaly u pohybu do flexe se zátěží mezi dominantní a nedominantní končetinou jsou m. deltoideus (přední část), který se při flexi bez zátěže přibližoval statistické významnosti a m. trapezius (horní vlákna). Nejbližší se významnosti opět přiblížil m. trapezius (střední vlákna). Aktivita statisticky významných svalů je pro m. trapezius

(horní vlákna) vyšší na nedominantní straně a pro m. deltoideus (přední část) na dominantní končetině, což je zjištěno pomocí průměrné p-hodnoty daných svalů u dominantní a nedominantní končetiny (Tabulka 9).

**Tabulka 8** Výsledky Wilcoxonova testu pro porovnání hodnot při flexi se zátěží u dominantní a nedominantní končetiny

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,049861	1,961161
m. trapezius (střední vlákna)	0,15794	1,412036
m. deltoideus (střední část)	0,627572	0,530285
m. deltoideus (přední část)	0,04139	2,039608
m. serratus anterior	0,272096	1,09825

Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami

**Tabulka 9** Průměrné p-hodnoty při flexi se zátěží u dominantní a nedominantní končetiny

Proměnná	D	N
m. trapezius (horní vlákna)	0,43699	0,48519
m. trapezius (střední vlákna)	0,4841	0,560378
m. deltoideus (střední část)	0,400154	0,41493
m. deltoideus (přední část)	0,456413	0,361673
m. serratus anterior	0,408923	0,450123

Legenda: sval – zkoumaný sval, D – dominantní, N – nedominantní

Dále se porovnávala svalová aktivita pomocí parametru čas, v rámci statistiky byly použity dva testy: Znaménkový test a Wilcoxonův párový test (Tabulka 10). U obou typů pohybů flexe (s/bez) zátěže a u obou testů se neobjevila žádná významná statistická hodnota, nejbližše se významnosti přiblížil m. trapezius (horní vlákna).

**Tabulka 10** Výsledky pro porovnání hodnot při abdukci u dominantní a nedominantní končetiny

sval	Bez zátěže		zátěž	
	p-hodnota	Z	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,15794	1,412036	0,209428	1,255143
m. trapezius (střední vlákna)	0,753684	0,313786	0,307822	1,019804
m. deltoideus (střední část)	0,753684	0,313786	0,209428	1,255143
m. deltoideus (přední část)	0,432768	0,784465	0,388187	0,862911
m. serratus anterior	0,239527	0,810697	0,288675	0,77283

Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami

Pro určení pořadí zapojení svalů byl vypočítán modus a průměr pro dané svaly. Tabulka 11 znázorňuje jednotlivé hodnoty, které svaly dosáhly. Ve většině případů mají tendenci jako první k aktivitě při pohybu do flexe m. trapezius (horní vlákna) a m. serratus anterior. Dále se aktivují m. deltoideus (přední část) a m. trapezius (střední vlákna) a jako poslední svou aktivitu zahajuje m. deltoideus (střední část).

**Tabulka 11** Hodnoty zapojení svalů při flexi

sval	Modus				Průměr			
	Bez zátěže		zátěž		Bez zátěže		zátěž	
	D	N	D	N	D	N	D	N
m. trapezius (horní vlákna)	1	2	1	1	2	2,25	2,818182	3
m. trapezius (střední vlákna)	4	3	3	2	2,833333	2,75	2,636364	2,333333
m. deltoideus (střední část)	5	4	4	5	4,083333	3,833333	4	2,166667
m. deltoideus (přední část)	4	3	2	5	3,166667	2,916667	2,636364	3,083333
m. serratus anterior	1	1	2	1	1,833333	2,583333	2,363636	3,666667

Odpověď na druhou otázku zní: existuje statisticky významný rozdíl mezi pohybem do flexe s/bez zátěže u dominantní a nedominantní končetiny. Statistické významnosti nabyl rozdíl normalizace u těchto svalů: m. serratus anterior, m. deltoideus (střední část) a m. trapezius (horní vlákna). V rámci parametru čas, žádný sval nedosáhl statistické významnosti. Z výsledků je zřejmé, že výraznější svalovou aktivitu vykazuje opět dominantní strana.

### 6.3 Vědecká otázka č. 3

*Existuje rozdíl ve svalové aktivitě dominantní končetiny při abdukci v ramenním kloubu vykonávané s/bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?*

K porovnání normalizace svalové aktivity dominantní končetiny při abdukci bez zátěže byl použit Mann-Whitney U Test, který porovnává dva různé výběrové soubory. V tomto případě kontrolní skupinu (běžná populace) se skupinou sportovců věnující se bojovému umění thaibox. V rámci hodnocení podle zmíněného testu nedosáhl žádný sval statistické významnosti (Tabulka 12). Tabulka 13 ukazuje, jakých průměrných hodnot normalizace dosahovaly jednotlivé skupiny u daných svalů. Thaiboxeři dosahovali vyšších průměrných hodnot normalizace svalů m. trapezius (horní vlákna) a m. deltoideus (přední část) než kontrolní skupina.

**Tabulka 12** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při abdukci bez zátěže mezi thaiboxery a kontrolní skupinou

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,227625	-1,2065
m. deltoideus (přední část)	0,156143	-1,41817
m. serratus anterior	0,168874	1,37583

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

**Tabulka 13** Průměrné normalizované hodnoty při abdukci se zátěží u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

sval	Kontrolní skupina	thaibox
m. trapezius (horní vlákna)	0,442345	0,483265
m. deltoideus (přední část)	0,429363	0,472608
m. serratus anterior	0,418847	0,342871

Mann-Whitney U Test byl použit i pro stejný pohyb se zátěží, ale žádný z uvedených svalů nedosáhl statistické významnosti. K významnosti se přiblížily m. deltoideus (přední část) s jeho p-hodnotou 0,078947 a m. serratus anterior s jeho p-hodnotou 0,054084 (Tabulka 14). Průměrné p-hodnoty normalizace daných svalů dokazují, že opět thaiboxeři dosahovali vyšších průměrných hodnot normalizace svalů m. trapezius (horní vlákna) a m. deltoideus (přední část) (Tabulka 15).



**Tabulka 14** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při abdukci se zátěží mezi mezi thaiboxery a kontrolní skupinou

<b>sval</b>	<b>p-hodnota</b>	<b>Z</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,567661	0,5715
m. deltoideus (přední část)	0,078947	-1,75684
m. serratus anterior	0,054084	1,92617

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

**Tabulka 15** Průměrné normalizované hodnoty při abdukci se zátěží u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

<b>sval</b>	<b>Kontrolní skupina</b>	<b>thaibox</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,474101	0,485685
m. deltoideus (přední část)	0,445952	0,484436
m. serratus anterior	0,447380	0,345439

Mezi skupinami nebyl u dominantní končetiny při pohybu do abdukce bez/se zátěží žádný významný statistický rozdíl mezi normalizovanými hodnotami. V průměrných p-hodnotách normalizace vykazovali thaiboxeři vyšších hodnot normalizace.

#### 6.4 Vědecká otázka č. 4

*Existuje rozdíl ve svalové aktivitě dominantní končetiny při flexi v ramenním kloubu vykonávané s/ bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?*

Při flexi bez zátěže se pro porovnání dosažených normalizovaných hodnot mezi běžnou populací a thaiboxery použil opět Mann-Whitney U test. Při tomto srovnání žádný ze svalů svou aktivitou nedosáhl statistické významnosti (Tabulka 16). Průměrné normalizované p-hodnoty mezi skupinami ukazují, že m. trapezius (horní vlákna) a m. serratus anterior vykazovali vyšší průměrné hodnoty u kontrolní skupiny (Tabulka 17).

**Tabulka 16** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při flexi bez zátěže mezi běžnou populací a thaiboxery

	<b>p-hodnota</b>	<b>Z</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,915715	0,10585
m. deltoideus (přední část)	0,299658	-1,03717
m. serratus anterior	0,458795	0,74083

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

**Tabulka 17** Průměrné normalizované hodnoty při flexi bez zátěže u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

<b>sval</b>	<b>Kontrolní skupina</b>	<b>thaibox</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,496959	0,468577
m. deltoideus (přední část)	0,509210	0,515684
m. serratus anterior	0,423595	0,376828

V tabulce 18 jsou zobrazeny výsledky vycházející z Mann-Whitney U testu pro flexi se zátěží. Červeně je označen jediný statisticky významný sval m. trapezius (horní vlákna). Dále pak tabulka 19 ukazuje průměrné normalizované hodnoty obou zkoumaných skupin. Svalová aktivita m. trapezius (horní vlákna) byla u kontrolní skupiny nižší než u thaiboxerů.

**Tabulka 18** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při flexi bez zátěže mezi běžnou populací a thaiboxery

<b>sval</b>	<b>p-hodnota</b>	<b>Z</b>
m. trapezius (horní vlákna)	<b>0,049588</b>	<b>1,98384</b>
m. deltoideus (přední část)	0,949368	-0,0635
m. serratus anterior	0,299658	1,03717

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

**Tabulka 19** Průměrné normalizované hodnoty při flexi se zátěží u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

<b>sval</b>	<b>Kontrolní skupina</b>	<b>thaibox</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,436990	0,497366
m. deltoideus (přední část)	0,456413	0,461576
m. serratus anterior	0,408923	0,358240

K čtvrté výzkumné otázce lze tedy říct, že existuje statisticky významný rozdíl při flexi v ramenním kloubu se zátěží mezi kontrolní skupinou a thaiboxery. Při porovnání normalizovaných hodnot byl tento rozdíl odhalen u m. trapezius (horní vlákna).

## 6.5 Vědecká otázka č. 5

*Existuje rozdíl ve svalové aktivitě nedominantní končetiny při abdukci v ramenním kloubu vykonávané s/ bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?*

Mann-Whitney U test se použil rovněž pro zhodnocení rozdílu při abdukci bez zátěže v ramenním kloubu u nedominantní končetiny v rámci dvou skupin (Tabulka 20). Statistické významnosti zde nedosáhl žádný sval ani se žádný z uvedených svalů statistické významnosti nastavené na  $p < 0,05$  nepřiblížil. Tabulka 21 ukazuje, jakých průměrných hodnot normalizace dosahovala u daných svalů.

**Tabulka 20** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při abdukci bez zátěže mezi běžnou populací a thaiboxery

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,319818	-0,99483
m. deltoideus (přední část)	0,783188	0,27517
m. serratus anterior	0,626376	0,48683

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

**Tabulka 21** Průměrné normalizované hodnoty při abdukci bez zátěže u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

sval	Kontrolní skupina	thaibox
m. trapezius (horní vlákna)	0,462882	0,484689
m. deltoideus (přední část)	0,459948	0,455722
m. serratus anterior	0,349367	0,336583

Pro zhodnocení normalizace při abdukci se zátěží tabulka 22 byl rovněž využit Mann-Whitney U test, který odhalil statistickou významnost u aktivity m. deltoideus (přední část). V následující tabulce 23 jsou zaznamenány průměrné normalizované p-hodnoty jednotlivých skupin, kterých dané svaly dosáhly. Z dat vyplývá, že vyšší aktivitu vykazoval m. deltoideus (přední část) u thaiboxerů.

**Tabulka 22** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při abdukci se zátěží mezi běžnou populací a thaiboxery

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,156143	-1,41817
m. deltoideus (přední část)	0,010433	-2,56117
m. serratus anterior	0,59669	0,52917

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

**Tabulka 23** Průměrné normalizované hodnoty při abdukci se zátěží u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

<b>sval</b>	<b>Kontrolní skupina</b>	<b>thaibox</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,466624	0,504455
m. deltoideus (přední část)	0,388676	0,470878
m. serratus anterior	0,410491	0,396934

Při porovnání normalizovaných hodnot mezi thaiboxery a kontrolní skupinou u nedominantní končetiny při abdukci bez zátěže nebyla nalezena žádná statistická významnost. U pohybu se zátěží byla nalezena statistická významnost u m. deltoideus (přední část), který ale není primárním svalem při abdukci v ramenním kloubu.

## 6.6 Vědecká otázka č. 6

*Existuje rozdíl ve svalové aktivitě nedominantní končetiny při flexi v ramenním kloubu vykonávané s/ bez zátěže u běžné populace a skupiny thaiboxerů?*

Porovnání normalizovaných hodnot svalové aktivity při flexi v ramenním kloubu při flexi bez zátěže u kontrolní skupiny a thaiboxerů proběhlo pomocí Mann-Whitney U testu. Statistické významnosti dosáhl červeně zvýrazněný m. deltoideus (přední část) (Tabulka 24). Ostatní svaly se aktivitou hladině statistické významnosti nepřiblížily.

**Tabulka 24** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při flexi bez zátěže mezi běžnou populací a thaiboxery

sval	p-hodnota	Z
m. trapezius (horní vlákna)	0,484865	0,6985
m. deltoideus (přední část)	0,002147	-3,06917
m. serratus anterior	0,156143	-1,41817

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

V tabulce 25 jsou znázorněny průměrné p-hodnoty normalizace nedominantní končetiny při pohybu do flexe bez zátěže u obou zkoumaných skupin. Dle statistické významnosti z tabulky 24 a těchto dat, je aktivita m. deltoideus (přední část) vyšší u skupiny thaiboxerů.

**Tabulka 25** Průměrné normalizované hodnoty při flexi bez zátěže u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

sval	Kontrolní skupina	thaibox
m. trapezius (horní vlákna)	0,48871	0,473051
m. deltoideus (přední část)	0,413905	0,512692
m. serratus anterior	0,352514	0,399363

Pro zjištění statistické významnosti u stejného pohybu, ale se zátěží, byl rovněž použit Mann-Whitney U test. Test odhalil statistickou významnost taktéž u svalu m. deltoideus (přední část) (Tabulka 26). Průměrné normalizované hodnoty zkoumaných svalů, jsou dále uvedeny v tabulce 27. Z Mann-Whitney U testu a z průměrné p-hodnoty vyplývá, že vyšší aktivita m. deltoideus (přední část) byla u skupiny thaiboxerů.

**Tabulka 26** Výsledky Mann-Whitney U Testu pro porovnání hodnot při flexi se zátěží mezi běžnou populací a thaiboxery

<b>sval</b>	<b>p-hodnota</b>	<b>Z</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,882211	-0,14817
m. deltoideus (přední část)	0,011775	-2,51884
m. serratus anterior	0,122307	1,54517

*Legenda: sval – zkoumaný sval, Z – rozdíl mezi párovými hodnotami*

**Tabulka 27** Průměrné normalizované hodnoty při flexi se zátěží u skupiny thaiboxerů a kontrolní skupiny

<b>sval</b>	<b>Kontrolní skupina</b>	<b>thaibox</b>
m. trapezius (horní vlákna)	0,48519	0,494335
m. deltoideus (přední část)	0,361673	0,478585
m. serratus anterior	0,450123	0,39811

Na základě výše uvedených výsledků lze na výzkumnou otázku 6 odpovědět tak, že došlo ke statisticky významnému rozdílu při pohybu do flexe u nedominantní končetiny. V obou případech (s/bez zátěže) vykazoval významný statistický rozdíl m. deltoideus (přední část), který má vyšší aktivitu u skupiny thaiboxerů a je jeden z primárních svalů podílejících se na flexi ramenního kloubu.

## 7 DISKUSE

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit svalovou aktivitu vybraných svalů ramenního pletence u dominantní a nedominantní končetiny v rámci dvou skupin. První skupinu tvořila běžná populace (kontrolní skupina), která se intenzivně nevěnovala žádnému sportu, druhá skupina zahrnovala sportovce bojového umění thaibox. Výzkumný soubor tvořilo celkově 30 probandů, z toho 18 thaiboxerů a 12 probandů z kontrolní skupiny. V rámci měření byly zvoleny dva pohyby v ramenním kloubu, a to abdukce a flexe bez zátěže a se zátěží. Dané pohyby byly vykonávány spontánní rychlostí. Pro výzkum porovnání aktivity svalů u kontrolní skupiny bylo vybráno těchto pět svalů ramenního pletence: m. trapezius (horní vlákna), m. trapezius (střední vlákna), m. deltoideus (přední část), m. deltoideus (střední část) a m. serratus anterior. Data pro skupinu thaiboxerů byla naměřena v roce 2021 a výzkum neobsahoval stejných pět svalů, proto do této práce v rámci porovnání svalové aktivity mezi thaiboxery a kontrolní skupinou byly vybrány pro zhodnocení pouze tři svaly: m. trapezius (horní vlákna), m. deltoideus (přední část) a m. serratus anterior.

Ramenní kloub je velmi závislý na rovnováze mezi ligamentózními strukturami a svalstvem obepínající kloub. Bagg et al. (1986) ve své studii poukazují na fakt, že horní a střední vlákna m. trapezius, m. serratus anterior a m. deltoideus patří mezi hlavní svaly, které jsou během celé elevace ramenního kloubu aktivní. První dvě výzkumné otázky se týkaly porovnáním dominantní a nedominantní končetiny u kontrolní skupiny. Analýza svalové aktivity u kontrolní skupiny ukázala většinou vyšší aktivitu svalů pro různé typy provedení na dominantní straně. Nejvyšších průměrných hodnot pro obě končetiny a pro všechny zkoumané pohyby vykazoval m. trapezius (střední vlákna), což můžeme vysvětlit tím, že tento sval plní stabilizační funkci lopatky při elevaci ramenního kloubu.

Nejnižších průměrných hodnot dosahoval sval m. serratus anterior. Ekstrom (2003) ve své práci zmiňuje, že největší aktivita m. serratus anterior je od 120 ° do 150 ° elevace horní končetiny. K podobným výsledkům došel i Won-Guy (2017), který poukazuje na vyšší aktivitu m. serratus anterior při abdukci do 120 ° než do 60 °. V naší práci byl pohyb pouze do 90 ° a proto aktivita m. serratus anterior mohla být nižší právě v důsledku vyšší aktivity svalu při větším úhlu elevace.



Yoshizaki et al. (2009) popisují odlišný vzor svalové aktivity svalů ramenního pletence mezi dominantní a nedominantní končetinou. Ve své práci analyzovali elevaci ramenního kloubu ve skapulární rovině bez zátěže u 4 svalů (m. trapezius horní a dolní vlákna, střední část m. deltoideus a m. serratus anterior). V SEMG aktivitě daných svalů byl nalezen statisticky významný rozdíl v elevaci pro střední část deltového svalu a pro m. serratus anterior, žádný rozdíl nebyl nalezen pro horní trapézový sval. Statisticky významný rozdíl při pohybu do flexe se zátěží v naší studii byl nalezen jen pro m. trapezius (horní vlákna) nedominantní končetiny a m. deltoideus (přední vlákna) dominantní končetiny. Rozdíl ve svalové aktivitě zkoumané pomocí SEMG může být způsoben zátěží, která byla v naší studii použita a také použitím jiného typu provedení pohybu než v předchozí zmíněné studii. Dále také předchozí studie prováděla pohyb ve skapulární rovině, na rozdíl od naší studie, kde byl pohyb veden v sagitální rovině.

Při pohybu bez zátěže byl u obou typů provedení pohybu statisticky významný m. serratus anterior dominantní strany, jehož hlavní funkcí je stabilizace lopatky a zevní rotace dolního úhlu lopatky. Kinematikou lopatky se ve své práci zabývali Matskuki et al. (2011), kteří analyzovali dynamický pohyb paže do elevace u dominantní a nedominantní končetiny. K porovnání byla použita 3D technika a pohyb byl prováděn ve skapulární rovině. Tato studie prokázala, že zevní rotace dolního úhlu lopatky je mezi dominantní a nedominantní končetinou rozdílná. Dolní úhel lopatky dominantního ramene ve výchozí pozici více směřoval směrem k páteři a při pohybu do elevace byl rychleji zevně rotován než u nedominantní končetiny. Dle těchto výsledků, lze konstatovat, že aktivita m. serratus anterior je větší na dominantní straně, neboť jeho vyšší aktivita provádí rychlejší pohyb zevním úhlem lopatky při elevaci ramenního kloubu.

V rámci práce bylo hodnoceno také jednotlivé zapojení svalů během zkoumaných pohybů. Při flexi v ramenním kloubu u dominantní a nedominantní končetiny nebyly nalezeny žádné velké rozdíly v pořadí zapojení svalů. Většinou první aktivní svaly byly m. serratus anterior a m. trapezius (horní vlákna), poté se zapojil m. trapezius (střední vlákna) a poslední m. deltoideus (přední a střední část). Pořadí zapojení svalů při abdukci v ramenním kloubu bez a se zátěží v rámci dominantní a nedominantní končetiny se zásadně neliší. V rámci testovaných svalů měly tendenci se jako první zapojovat svaly m. serratus anterior a m. trapezius (střední vlákna), dále následoval m. trapezius (horní vlákna) a jako poslední se pohybu účastnil m. deltoideus (střední a přední část). Wickham (2010) ve své studii analyzoval pořadí zapojení jednotlivých svalů a došel k závěru, že

před začátkem pohybu se aktivují svaly m. supraspinatus, m. trapezius (střední vlákna) a m. deltoideus (střední část), po zahájení pohybu následuje m. serratus anterior a m. trapezius (horní vlákna) poté následují m. rhomboidei m. deltoideus (přední část), m. deltoideus (zadní část) a další. V našem měření nebyla zaznamenána aktivita svalů před pohybem, nýbrž až při začátku pohybu, proto se můžou naše výsledky ohledně zapojení prvních svalů lišit. Velký rozdíl je ale patrný v aktivaci m. deltoideus (střední část), kdy Wichkam uvádí jeho zapojení již před začátkem pohybu, ale dle našich výsledků se většinou zapojoval až čtvrtý v pořadí.

Ve výzkumných otázkách 3 a 4 jsme se zabývali porovnáním svalové aktivity u dominantní končetiny mezi kontrolní skupinou a thaiboxery. Statisticky významný se zde ukázal m. trapezius (horní vlákna) při pohybu do flexe bez zátěže. Jehož aktivita se prokázala vyšší u skupiny thaiboxerů. Contemori et al. (2019) analyzovali pomocí SEMG aktivitu svalů ramenního pletence při elevaci ramene během různého nastavení lopatky. Výsledky ukazují, že protrakce a elevace ramene vede ke zvýšené aktivitě m. trapezius (horní vlákna).

Podobným tématem se zabývali Malmström et al. (2015), kteří zkoumali pomocí SEMG zda, ochablé držení těla se zvýšenou hrudní kyfózou mění kinematiku ramenního kloubu ovlivňuje rozsah pohybu, vzorce aktivace svalů, maximální svalovou aktivitu a celkovou svalovou práci potřebnou při provádění elevace paže. Studie se zúčastnilo 20 mužů s dominantní pravou končetinou. Probandi prováděli pohyb do flexe v ramenním kloubu v plném rozsahu ve třech výchozích pozicích: stoj ve své přirozené poloze, korigovaný stoj (vysvětlen vyšetřujícím) a ochablé držení těla. Výsledky dokazují, že ochablé držení těla ovlivňuje biomechanické a biodynamické podmínky pro pohyb paže, jako je snížení rozsahu a zvýšení svalové aktivity. Celková svalová práce se významně zvýšila při ochablém držení těla horního trapézu o 36 %, u dolního trapézu o 89 % a u serratu anterior o 19 %.

Rudolf (2017) hodnotil svalové dysbalance u zápasníků v thajském boxu. Bylo předpokládáno a zároveň potvrzeno, že dlouhodobé provozování thaiboxu negativně ovlivnilo celkové držení těla. Zjištěné svalové dysbalance znázorňují horní zkřížený syndrom, projevující se předsunutím hlavy doprovázené zvýšeným napětím šíjových svalů, hyperlordózou krční páteře, elevací a protrakcí ramenních kloubů a hyperkyfózou hrudní páteře. Poznatky z našeho výzkumu poukazují na vyšší aktivitu horního

trapezového svalu, což může být spojeno s ochablým držením těla u zkoumané skupiny thaiboxerů. Je proto vhodné do tréninkového programu sportovců zařadit kompenzační cvičení vhodná pro úpravu postury.

Výzkumné otázky 5 a 6 porovnávaly taktéž dané pohyby mezi thaiboxery a kontrolní skupinou, ale u nedominantní končetiny. Při abdukci bez zátěže a při flexi se zátěží se prokázal statisticky významy m. deltoideus (přední část) pro skupinu thaiboxerů. Nejvyšších průměrných hodnot vykazoval ve všech případech m. deltoideus (přední část) taktéž u thaiboxerů. Vences Brito et al. (2011) pomocí SEMG popisoval aktivitu svalů karatistů při úderu *choku-zuki* (úder do pevné desky) a porovnával naměřené hodnoty s kontrolní skupinou, která neměla žádné zkušenosti s bojovým uměním. Dle jeho výsledků karatisti vykazovali rychlejší nárůst svalové aktivity a kratší interval při kontaktu s pevným cílem. Z výsledků naší studie se domníváme, že vyšší aktivita přední části deltového svalu u thaiboxerů je zapříčiněna jeho rychlejším nárůstem svalové aktivity než u kontrolní skupiny a zároveň spojena s údery, které bojovníci při boji využívají. Nejpoužívanějším bojovým úderem je direkt (viz kapitola 2.7.2.1) při jehož použití je právě klíčovým svalem m. deltoideus.

Zranění při provozování bojového umění je velmi časté. Del Vecchio (2018) provedl studii zahrnující 125 účastníků věnujících se bojovému sportu alespoň jedenkrát týdně. Z této skupiny účastníků celkem 53,6 % utrpělo zranění v posledním roce. Na prvním místě s největším počtem úrazu byl kolenní kloub, na druhém místě kotník a chodidla dolních končetin a na třetím místě ramenní kloub. Co se týče typů poranění, nejčastěji se jednalo o distenze vazů, následované luxací/subluxací a kontuzí kloubů.

Poraněním se ve své práci také zabývali Bartolomiej et al. (2015), kteří u 50 sportovců ve věkovém rozmezí 16 až 26 let věnující se thaiboxu v průměru čtyřikrát týdně sledovali četnost zranění. Analýza probíhala pomocí dotazníku, každá osoba mohla dát libovolný počet odpovědí na jednotlivé otázky (kritéria: počet a umístění poranění na těle, typ léčby atd.). Výsledky opět ukázaly, že největší poranění postihlo kolenní klouby, kotníky hlavu a ramena. Zranění a přetížení struktur se častěji vyskytovala během tréninků než během soutěží. Také se úrazy častěji vyskytly u zkušenějších sportovců. Zranění byla nejčastěji léčená farmakologicky a konzervativně pomocí sportovních masáží, saun a kryoterapií.

Přestože studie neporovnávala všechny svaly účastníci se daných pohybů byly zde nalezeny statisticky významné hodnoty pro jednotlivé svaly, a to i v případě dvou skupin, kde byly hodnoceny pouze tři svaly. Proto dalším studiím, které by se zabývaly podobným tématem, je vhodné doporučit větší skupinu svalů a zaměřit se na timing svalů.

## 8 ZÁVĚR

Studie se zabývala svalovou aktivitou vybraných svalů ramenního pletence pomocí povrchové elektromyografie u thaiboxerů a kontrolní skupiny. V rámci měření byl hodnocen pohyb do flexe a abdukce bez a se zátěží u nedominantní a dominantní končetiny. Pohyb byl prováděn spontánní rychlostí. Pro porovnání aktivity byly využity parametry mean a peak amplitude. Dále pro kontrolní skupinu byl použit parametr čas a také byl určen timing svalů pomocí funkce modus a průměr.

Pro interpretaci výsledků bylo stanoveno 6 výzkumných otázek, kdy otázky 1–2 se týkaly kontrolní skupiny a otázky 3–6 porovnávaly jednotlivé skupiny mezi sebou. Porovnání svalové aktivity u kontrolní skupiny mezi dominantní a nedominantní končetinou poukazuje na vyšší aktivitu většinou na dominantní straně. Statisticky významné se zde ukázaly svaly m. trapezius (horní vlákna) nedominantní strany a m. deltoideus (přední vlákna) spolu s m. serratus anterior dominantní strany. V rámci kontrolní skupiny byl hodnocen také parametr čas, který neodhalil žádné statisticky významné hodnoty pro dané pohyby. Zapojení svalů ramenního kloubu během abdukce a flexe je velmi řešené téma, neboť literatura udává jiné pořadí daných svalů. Z našich výsledků můžeme říct, že jako první sval, který se zapojoval u obou typu pohybů byl m. serratus anterior, což je sval, který je důležitý pro stabilizaci lopatky.

Porovnání mezi skupinami ukázalo vyšší aktivitu svalů m. trapezius (horní vlákna) a m. deltoideus (přední část) pomocí SEMG u skupiny thaiboxerů. Tento jev se dá vysvětlit tím, že m. deltoideus patří mezi hlavní svaly podílející se na přímém úderu v bojovém umění thaibox. Vyšší aktivita m. trapezius je spojena s elevací a protrakcí lopatky, což je způsobeno ochablým držením těla v rámci základního postoje v thaiboxu.

V rámci práce se podařilo zhodnotit svalovou aktivitu pro dané svaly, a proto diplomová práce odpověděla na všechny výzkumné otázky. Cíl práce byl splněn.

## 9 SOUHRN

Tato práce se zabývá hodnocením svalové aktivity vybraných svalů dominantní a nedominantní končetiny pomocí povrchové elektromyografie u kontrolní skupiny a thaiboxerů. Výzkumný soubor celkově tvoří 30 probandů ve věkovém rozmezí 18 až 35 let. Měření kontrolní skupiny probíhalo v únoru 2022 a data skupiny sportovců byla převzata z výzkumného souboru naměřena na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci v roce 2021.

V teoretické části jsou nastíněny základní informace týkající se anatomie a kineziologie ramenního kloubu, svalové kontrakce a povrchové elektromyografie. Dále se teoretická část zabývá zkoumaným sportem (thaiboxem) a svalovými řetězci, které jsou při daném sportu aktivovány. V posledních dvou kapitolách je popsána problematika laterality a odborné studie, které se zaměřovaly na podobné témata.

Praktická část je věnována metodice, popisu výzkumného souboru, průběhu měření a výzkumným otázkám studie. Svalová aktivita byla snímána z m. trapezius (horní vlákna), m. trapezius (střední vlákna), m. deltoideus (přední část), m. deltoideus (střední část) a m. serratus anterior. Vyhodnocovány byly parametry čas, mean a peak amplitude. Získané hodnoty byly následně statisticky zpracovány a hladina statistické významnosti byla nastavena na  $p < 0,05$ . Z výsledků studie vyplývá, že u kontrolní skupiny mezi dominantní a nedominantní končetinou převažuje statistická významnost na dominantní končetině, jen m. trapezius (horní vlákna) je statisticky významný pro nedominantní stranu. Mezi skupinami byl nalezen rozdíl ve svalové aktivitě u m. deltoideus (přední část) nedominantní strany a m. trapezius (horní vlákna) u dominantní strany.

## 10 SUMMARY

The thesis focuses on evaluating muscle activity of selected muscles of the dominant and non-dominant limb using surface electromyography, performed in a control group and Muya Thai boxers. The study cohort consists of a total of 30 probands, ranging from 18 to 35 years of age. The control group was evaluated in February 2022. The athlete group data were drawn from the research set collected at the Faculty of Physical Culture of Palacký University in Olomouc in 2021.

The theoretical part introduces basic information concerning the anatomy and kinesiology of the shoulder joint, muscle contraction, and surface electromyography. Furthermore, the theoretical part discusses the sport under investigation Muya Thai, and the muscle chains involved in the sport. The final two chapters describe laterality issues and evaluate scientific studies that have addressed similar topics.

The practical part discusses the methodology and describes the research cohort, the measurement process, and the study's research questions. The muscle activity was measured for the following muscles: m. trapezius (upper fibres), m. trapezius (middle fibres), and m. deltoideus (anterior), m. deltoideus (central part), and m. serratus anterior. The following parameters were evaluated: time, mean, and peak amplitude. The values acquired were subsequently statistically processed, and the level of statistical significance was set at  $p < 0.05$ . While comparing the dominant and non-dominant limbs, the study results indicated that the dominant limb showed more muscle activity in the control group only the trapezius (upper fibers) is statistically significant for the non-dominant side. It was possible to identify a difference in muscle activity between the groups for m. deltoideus (anterior) of the non-dominant side and m. trapezius (upper fibres) of the dominant side.

## 11 REFERENČNÍ SEZNAM

- Bagg, S. D., & Forrest, W. J. (1986). Electromyographic study of the scapular rotators during arm abduction in the scapular plane. *American Journal of Physical Medicine*, 65(3), 111–124
- Baker, J., & Schorer, J. (2013). The southpaw advantage? Lateral preference in mixed martial arts. *PLoS ONE*, 8(11), 8–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079793>
- Bartoníček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Maxdorf.
- Castillo-Lozano, R., Cuesta-Vargas, A., & Gabel, C. P. (2014). Analysis of arm elevation muscle activity through different movement planes and speeds during in-water and dry-land exercise. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 23(2), 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.04.010>
- Clancy, E.A., Negro, F., & Farina, D. (2004). Single-Channel Techniques for Information Extraction from the Surface EMG Signal. *Electromyography: Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications* 133-168. <https://doi.org/10.1002/0471678384.ch6>
- Contemori, S., Panichi, R. & Biscarini, A. (2019). Effects of scapular retraction/protraction position and scapular elevation on shoulder girdle muscle activity during glenohumeral abduction. *Human Movement Science*, 64; 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.01.005>
- Cram, J. R., & Kasman G. S. (2011). The Basic of Surface electromyography. In *Cram's introduction to surface electromyography* (2nd ed). Jones and Bartlett.
- Cingoz, Y. E., Gursoy, R., Ozan, M., Hazar, K., & Dalli, M. (2018). Research on the Relation between Hand Preference and Success in Karate and Taekwondo Sports with Regards to Gender. *Advances in Physical Education*, 08(03), 308-320. <https://doi.org/10.4236/ape.2018.83027>
- Čapek, L., Hájek, P., & Henyš, P. (2018). *Biomechanika člověka*. Grada.
- Česká Muaythai Asociace. (2021). Retrieved March 31, 2021, from [czechmuaythai.cz](http://czechmuaythai.cz)
- Čihák, R. (2011). *Anatomie* (3rd ed.). Grada.



- Delp, Ch. (2012). *Muay Thai Basics: Introductory Thai Boxing Techniques*. North Atlantic Books.
- De Luca, C. J. (1997). The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), 135-163. <https://doi.org/10.1123/jab.13.2.135>
- Del Vecchio, F. B., Farias, C. B., de Leon, R. C., Rocha, A. C. C. A., Galliano, L. M., & Coswig, V. S. (2018). Injuries in martial arts and combat sports: Prevalence, characteristics and mechanisms. *Human Movement Science*, 33(3), 158-163. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.02.003>
- Diederichsen, L. P., Nørregaard, J., Dyhre-Poulsen, P., Winther, A., Tufekovic, G., Bandholm, T., Rasmussen, L. R., & Krogsgaard, M. (2007). The effect of handedness on electromyographic activity of human shoulder muscles during movement: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(4), 410-419. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.03.004>
- Dopico, X., Iglesias-Soler, E., Morenilla-Burló, L., García, M., Rodríguez, L.S., & Suárez, A.A. (2016). Laterality and performance in combat sports. *Archives of Budo*, 12.
- Dragovic, M. & Hammond, G. (2007): A classification of handedness using the Annett Hand Preference Questionnaire. *British Journal of Psychology*, 98(3), 375–387.
- Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie*. Praha: Grada.
- Ekstrom, R. A., Donatelli, R. A., & Soderberg, G. L. (2003). Surface Electromyographic Analysis of Exercises for the Trapezius and Serratus Anterior Muscles, *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 33(5), 247-258. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.5.247>
- Estal, A., Brito, C. -J., Galindo, V. E., Lopez Diaz de Durana, A., Franchini, E., & Sillero-Quintana, M. (2017). Thermal asymmetries in striking combat sports athletes measured by infrared thermography: A review, 32(2), e61-e67. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.09.005>
- Gallo, J. (2011). *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- Garbis, N. G. (2017). *Shoulder Anatomy*. In Huri, G., & Paschos, N. K. *The Shoulder*. Springer International Publishing.
- Green, T. A., Boulton, D. J. D., Clements, J., Friday, K., Harris, R. A., Henning, S. E., Otterbein, K., Svinth, J. R., & Zarrilli, P. (2001). *Martial arts of the World: An Encyclopedia Volume One: A-Q* (1st ed.). ABC-Clío.
- Gross, J. M., Fetto, J., & Supnick, E. R. (2005). *Vyšetření pohybového aparátu: překlad druhého anglického vydání*. Triton.
- Hammami, N., Hattabi, S., Salhi, A., Rezgui, T., Oueslati, M., & Bouassida, A. (2018). *Combat sport injuries profile: A review*, 33(2), 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2017.04.014>
- Hamill, J. & Knutzen, K. (2015). *Biomechanical Basics of Human Movement*. 4rd. ed. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins.
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361-374. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
- Harvey, J. E. (2012). *Mastering Muay Thai kick-boxing: MMA-proven techniques* (2st ed.). Tuttle Publishing.
- Chowdhury, R. H., Reaz, M. B., Bakar, A. A., Chellappan, K. & Chang, T.G. (2013). Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors (Basel)*, 2013, 13(9).
- International Federation of Muaythai Associations*. (2021). Retrieved March 10, 2022, from [muaythai.sport](http://muaythai.sport)
- Janda, V. (1996). *Funkční svalový test*. Grada.
- Janura, M., Míková, M., Krobot, A. & Janurová, E. (2004). Ramenní pletenec z pohledu klasické biomechaniky. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2004, 11(1); 33-39.
- Kapandji, A. I. (2019). *The Physiology of the joints. Volume 1. The upper limb* (7th ed.). Pencaitland: Handspring Publishing Ltd.

- Kittnar, O. (2020). *Lékařská fyziologie* (2., přepracované a doplněné vydání). Grada Publishing.
- Kofránek, I. (2014). Rameno. In P. Dungal et al. *Ortopedie* (2nd ed., pp. 535-567). Grada.
- Kolářová, B., Stacho, J., Jiráčková, M., Konečný, P., & Navrátilová, L. (2019). *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci* (2., přepracované a doplněné vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kolář, P. et al. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén
- Konrad, P. (2006). *ABC of EMG – A practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. Noraxon U.S.A.
- Krobot, A. & Kolářová, B. (2011). *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta zdravotnických věd.
- Kronberg, M., Nemeth, G., & Brostrom, L. A. (1990). Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 257, 76-85.
- Link, N., & Chou, L. (2016). *Bojová umění – anatomie: ilustrovaný průvodce zapojením svalů v základních kopech, úderech a strzích* (přeložil Pavla POKORNÁ). CPress Media.
- Matsuki, K., Matsuki, K. O., Mu, S., Yamaguchi, S., Ochiai, N., Sasho, T., Sugaya, H., Toyone, T., Wada, Y., Takahashi, K., & Banks, S. A. (2011). In vivo 3-dimensional analysis of scapular kinematics: comparison of dominant and nondominant shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 20(4), 659-665. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.09.012>
- Merkunová, A., & Orel, M. (2008). *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Grada.
- Měkota, K. *Syntetická studie o pohybové lateralitě*. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Paedagogica Gymnica XIV. *Tělovýchova a sport* 3. Praha: SPN, 1984, s. 93-122.
- Michalíček, P., & Vacek, J. (2014). Rameno v kostce - I. část. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 21(3), 151-162.

- Malmström, E. -M., Olsson, J., Baldetorp, J., & Fransson, P. A. (2015). A slouched body posture decreases arm mobility and changes muscle recruitment in the neck and shoulder region. *European Journal of Applied Physiology*, 115(12), 2491-2503. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3257-y>
- Myers, T. W. (2014). *Anatomy trains: myofascial meridians for manual and movement therapist* (3rd ed). Elsevier.
- Neto, O. P. (2011). *Biomechanics of martial arts and combative sports*. Nova Science Publishers.
- Nonnemacher, K. (2009). *Jak dokonale zvládnout kickbox* (přeložil Jana HÁJKOVÁ). Grada Publishing
- Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation* (2nd ed). Mosby/Elsevier.
- Oldfield, R. C. (1971): The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97–113.
- Orel, M. (2019). *Anatomie a fyziologie lidského těla: pro humanitní obory*. Grada.
- Pavelka, R., & Stich, J. (2012). *Vývoj bojových sportů*. Karolinum.
- Perry, J. (2001). Biomechanics and functional anatomy of the shoulder. In Champan, M., W., et al. *Chapman's orthopaedic surgery*. 3rd edition. Philadelphia: Williams & Wilkins.
- Payton, C., & Burden, A. (2018). *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise: the British Association of Sport and Exercise Sciences guide* (2nd edition). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Raymond M., Pontier D., Dufour A., Møller A. (1996). Frequency-dependent maintenance of left handedness in humans. *Philos T R Soc Lond* 263: 1627–1633.
- Rebac, Z. (1994). *Thajský box: plnokontaktní bojový sport z Asie* (1st ed.). Naše vojsko.
- Rudolf, J. (2017). *Svalové dysbalance u zápasníku v thajském boxu*. Fakulta tělesné výchovy a sportu. Univerzita Karlova.

- Saengsawang P., Siladech C., & Laxanaphisuth, P. (2015). The History and Development of Muaythai Boran. *Journal of Sports Science*, 3(3). <https://doi.org/10.17265/2332-7839/2015.03.007>
- Schenkman, M. & De Cartaya, V. R. (2017). *Kinesiology of the shoulder complex*. Retrieved 1. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://pdtr-global.com/useful-articles-and-links/articles/kinesiology-of-the-shoulder-complex/>
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2016). *Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání* (4. české vydání, přeložil Kateřina JANDOVÁ, přeložil Miloš LANGMEIER, přeložil Otomar KITTNAR, přeložil Eduard KURIŠČÁK, přeložil Pavla MLČKOVÁ, přeložil Martina NEDBALOVÁ, přeložil Vladimír RILJAK, přeložil Michal WITTNER). Grada Publishing.
- Simons, D., G. Travell & Simons' (2019). *Myofascial Pain and Dysfunction: the trigger point manual. 3rd ed.* Wolters Kluwer.
- Turner, A. N. (2009). Strength and Conditioning for Muay Thai Athletes, *Strength and Conditioning Journal* 31(6), 78-92. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181b99603>
- Thaiboxing: Czech Muaythai Federation*. (2022). Retrieved March 10, 2022, from [thaiboxing.cz](http://thaiboxing.cz)
- Valouchová, P., & Lewit, K. (2007). Povrchová elektromyografie přímých břišních a zádočných svalů u aktivních jizev – palpační iluze. *Solen*, 8(2), 122-125.
- Vaverka, F. (2011). *Vliv vybraných faktorů na přesnost jednoduchého pohybu: lateralita, rychlost, zraková kontrola, zátěž, rozsah pohybu*. Ostravská univerzita v Ostravě, Pedagogická fakulta.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Triton.
- Vences Brito, A. M., Rodrigues Ferreira, M. A., Cortes, N., Fernandes, O., & Pezarat-Correia, P. (2011). Kinematic and electromyographic analyses of a karate punch. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(6), 1023-1029. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.09.007>

- Vít, M., Reguli, Z., Čihounková, J., Kopeček, D., & Šenkýř, J. (2010). *Základy úpolových sportů pro tělesnou výchovu*. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity. [is.muni.cz/do/1499/el/estud/fspjs/js10/upoly/web/index.html](http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/fspjs/js10/upoly/web/index.html)
- Wickham, J., Pizzari, T., Stansfeld, K., Burnside, A., & Watson, L. (2010). Quantifying 'normal' shoulder muscle activity during abduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(2), 212-222. [doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.004](https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.004)
- Won-Gyu, Donatelli, R. A., & Soderberg, G. L. (2017). Comparison of the trapezius and serratus anterior muscles isolation ratio during different shoulder abduction exercises. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(6), 964-965. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.964>
- Yoshizaki, K., Hamada, J., Tamai, K., Sahara, R., Fujiwara, T., & Fujimoto, T. (2009). Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 18(5), 756-763. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.02.021>
- Žáková, I. (2019). Lateralita, leváctví a specializované funkční oblasti mozku. *Anthropologia integra*, 10(2), 51-58. <https://doi.org/10.5817/AI2019-2-51>

## 12 PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha č. 1 Informovaný souhlas

Příloha č. 2 Edinburghský dotazník – krátká verze

Příloha č. 3 Potvrzení o překladu

## Příloha 1

# Informovaný souhlas

### **Název studie (projektu):**

Povrchová elektromyografie svalů horní končetiny při abdukci a flexi v ramenním kloubu u thaiboxerů a kontrolní skupiny

### **Jméno:**

### **Datum narození:**

### **Účastník byl do studie zařazen pod číslem:**

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií:

Datum:

Datum:



## Příloha 2

### EDINBURGHSKÝ DOTAZNÍK PRO STANOVENÍ RUKOSTI – KRÁTKÁ VERZE

Prosím, vyznačte znaménkem plus do příslušného sloupce, kterou rukou byste raději prováděli daný úkol. V případě, že jedna ruka dominuje tak, že byste druhou pro provedení úkolu nepoužili, napište ++. Pokud používáte obě ruce stejnou mírou, vyznačte znaménko + do obou sloupců. Některé úkoly vyžadují zapojení obou rukou. V určitých případech bude v závorce specifikována dominance ruky, pro kterou se daný úkol hodnotí. Prosím, zkuste odpovědět na všechny otázky. Prázdné pole nechejte pouze v případě, že jste danou činnost nikdy před tím nedělali.

		Levá		Pravá	
1	Psaní				
2	Kreslení				
3	Házení				
4	Nůžky				
5	Kartáček na zuby				
6	Nůž				
7	Lžice				
8	Smeták (vrchní ruka)				
9	Škrtní sirkou (sirka)				
10	Otvírání krabice (víko)				
	<b>Součet (spočítej +)</b>				

$LQ = (\text{součet pravé ruky} - \text{součet levé ruky}) / (\text{součet pravé ruky} + \text{součet levé ruky}) * 100$

$LQ < -40$  = levá dominantní     $LQ > +40$  = pravá dominantní     $LQ$  mezi  $-40$  a  $+40$  = bez výrazné stranové dominance

**DOMINANCE (LEVÁ/PRAVÁ)** \_\_\_\_\_

### Příloha 3

Translated by Profiprekladatel.cz (translation agency)  
- 25.02.2022

