

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**ELEKTROMYOGRAFICKÁ ANALÝZA
VYBRANÝCH SVALŮ PŘI RŮZNÝCH TYPECH
ODPALU V SOFTBALLU**

Diplomová práce

Autor: Bc. Kateřina Sedlářová

Studijní program: Učitelství tělesné výchovy pro 2. stupeň ZŠ a SŠ /
Učitelství biologie pro střední školy

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

Olomouc 2023

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Bc. Kateřina Sedlářová

Název práce: Elektromyografická analýza vybraných svalů při různých typech odpalu v softballu

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

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Rok obhajoby: 2023

Abstrakt:

Tato diplomová práce řeší pomocí povrchové elektromyografie analýzu vybraných svalů při různých typech odpalu v softballu. Cílem bylo stanovit svalovou aktivitu a určit rozdíl v míře aktivity jednotlivých svalů při odpalu přímým švihem, při ulejšce a při nabíhaném odpalu. Vyhodnocení probíhalo na základě měření pomocí systému Delsys Trigno Wireless EMG System. Ze získaných statistických dat byly stanoveny násobky aktivační hodnoty jednotlivých svalů a ty byla následně porovnávány mezi různými typy odpalu. Výsledky ukazují, že svalová aktivita jednotlivých svalů je rozdílná při různých typech odpalu. V závěru jsou formulovány konkrétní poznatky, kterými tato práce může přispět do oblasti softbalového odpalování.

Klíčová slova:

elektromyografie, svaly, softball, odpalování, typy odpalu, svalová aktivita

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification**Author:** Bc. Kateřina Sedlářová**Title:** Electromyographic analysis of selected muscles in different types of softball hitting**Supervisor:** doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology**Year:** 2023**Abstract:**

This diploma thesis solves the analysis of selected muscles during different types of softball hitting using surface electromyography. The aim was to determine muscle activity and to determine the difference in the level of activity of individual muscles when hitting with a direct swing, during a bunt and during a run-up hit. The evaluation was based on measurements using the Delsys Trigno Wireless EMG System. From the obtained statistical data, multiples of the activation value of individual muscles were determined and these were subsequently compared between different types of hitting. The results show that the muscle activity of individual muscles is different during different types of hitting. In the conclusion, specific findings are formulated, with which this study can contribute to the field of softball batting.

Keywords:

electromyography, muscles, softball, hitting, types of hits, muscle activity

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Zdeňka Svobody, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Uherské Hradišti dne 26. dubna 2023

.....

Děkuji doc. Mgr. Zdeňku Svobodovi Ph.D. za odborné vedení, pomoc, věnovaný čas a cenné rady, které mi poskytnul při zpracovávání diplomové práce. Děkuji softbalovému oddílu Snails Kunovice za spolupráci při realizaci měření. Dále děkuji své rodině za podporu a pomoc v průběhu celého studia.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| 1 ÚVOD | 8 |
| 2 PŘEHLED POZNATKŮ | 9 |
| 2.1 Typy odpalů | 9 |
| 2.1.1 Přímý švih..... | 9 |
| 2.1.2 Ulejkva | 11 |
| 2.1.3 Slap..... | 13 |
| 2.1.4 Nabíhaný odpal..... | 14 |
| 2.2 Zapojení svalů při odpalu | 14 |
| 2.2.1 Fáze odpalu přímým švihem | 14 |
| 2.3 Kondiční předpoklady v softballu | 17 |
| 2.3.1 Kondiční předpoklady pro daný typ odpalu | 18 |
| 2.4 Funkční anatomie sledovaných svalů | 19 |
| 2.4.1 Musculus gastrocnemius | 19 |
| 2.4.2 Musculus biceps femoris | 19 |
| 2.4.3 Musculus pectoralis major..... | 20 |
| 2.4.4 Musculus triceps brachii..... | 20 |
| 2.4.5 Musculus obliquus externus abdominis..... | 21 |
| 2.4.6 Musculus latissimus dorsi..... | 21 |
| 2.5 Elektromyografie | 22 |
| 2.5.1 Povrchová elektromyografie | 23 |
| 2.5.2 Elektrody | 23 |
| 2.5.3 Aplikace elektrod..... | 24 |
| 2.5.4 Přínos elektromyografie pro sportovní odvětví..... | 24 |
| 3 CÍLE A HYPOTÉZY | 26 |
| 3.1 Hlavní cíl | 26 |
| 3.2 Hypotéza | 26 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 4 METODIKA | 27 |
| 4.1 Výzkumný soubor | 27 |
| 4.2 Metody sběru dat | 27 |
| 4.2.1 Příprava před měřením | 28 |
| 4.2.2 Umístění elektrod | 28 |
| 4.2.3 Průběh měření..... | 28 |
| 4.3 Sledované svaly | 30 |
| 5 VÝSLEDKY | 34 |
| 6 DISKUSE | 44 |
| 7 ZÁVĚRY | 47 |
| 8 SOUHRN | 48 |
| 9 SUMMARY | 50 |
| 10 REFERENČNÍ SEZNAM | 53 |
| 11 PŘÍLOHY | 58 |

1 ÚVOD

Softball je sportovní hra, která zachycuje nepřeborné množství pohybových schopností a dovedností. Pro hráče softballu jsou důležité schopnosti zejména síla, rychlost a vytrvalost. Vzhledem k rostoucím požadavkům na tyto schopnosti u hráčů je důležité rozvíjet i technické provedení jednotlivých herních úkonů. Především v oblasti odpalování je správná technika nutná k umístění vybraného odpalu. Dobře umístěný odpal míče, který mnohdy letí vysokou rychlostí a s různou variací směru pohybu, je základem při postupu na metách. Z tohoto důvodu je odpalování jednou z nejdynamičtější měnících se dovedností v této pálkovací hře. Pro odpalování v softballu se využívá několik typů odpalu. Ve své bakalářské práci jsem se zabývala maximální svalovou silou vybraných svalů, a to konkrétně těch, které se účastní standardního odpalu. Mimo jiné byl ze získaných dat určen okamžik dosažení maximální svalové aktivity, z čehož bylo určeno pořadí zapojení jednotlivých svalů v průběhu odpalu (timing). V návaznosti na tento výzkum se v diplomové práci budu zabývat otázkou zda-li se vybrané svaly zapojují při různých typech odpalu stejně.

Elektromyografická analýza v oblasti odpalování není příliš probádanou oblastí, proto by takhle práce mohla přinést nové poznatky do tohoto sportu z hlediska technické přípravy hráčů. Všeobecně se pálkaři dělí na dvě kategorie, a to konkrétně na ty, kteří odpalují z levého pálkařského boxu z pohledu nadhazovače a provádějí spíše technické odpaly, a na ty, kteří odpalují z pravého pálkařského boxu a jejich hlavním úkolem je dlouhý, silový odpal.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

V softballu je odpalování považováno za útočnou činnost hráče. Cílem je odpálit míč pálkou dle pravidel softbalu tak, aby pákkař oběhl všechny čtyři mety, aniž by byl v dané směně vyřazen hráči v poli (World Baseball Softball Confederation, [WBSC] 2022).

Odpalování je nepochybně obtížná dovednost, protože nejrychlejší nadhazovači mohou hodit míček rychlostí ≥ 120 km/h. Podle oficiálních pravidel WBSC (2022) je vzdálenost nadhazovací mety 14,02 m pro muže, avšak pokud uvažujeme, že nadhazovač po odrazu z mety udělá skok, kterým se posune blíže k pákkaři, může být tato vzdálenost kolem 12 m (Flyger et al., 2006). Z těchto údajů vyplývá, že míček k pákkaři dorazí za dobu 0,360 s. Kromě velmi rychlých nadhozů mají softbaloví nadhazovači ve svém repertoáru k dispozici několik dalších druhů nadhozů, kterými jsou padavý nadhoz, stoupavý nadhoz, zpomalený nadhoz a točený nadhoz (Downs et al., 2021).

Proto je pro pákkaře důležité za tento krátký čas rozpoznat zvolený druh nadhozu a zkrátit tak reakční dobu. Pomalá reakce zahájení vlastního pohybu pákkaře může znamenat prošvihnutí, chybný odpal mimo výseč nebo špatné umístění míče do pole (Miller & Shay, 1964).

Pákkaři mají na výběr několik typů odpalů, které dle aktuální situace mohou zvolit. Ve většině případů tyhle situace, a to jaký typ odpalu hráč použije, vyhodnocuje trenér, který pomocí zvolených signálů předá informaci. Jelikož v softballe je taktická složka velmi důležitou částí sportovní přípravy, situace, jaký typ odpalu zvolit určuje významně charakteristiku hry.

2.1 Typy odpalů

V softballe existuje v souladu s pravidly několik druhů odpalu. Mezi ty nejčastěji používané patří přímý švih, ulejkva, slap nebo nabíhaný odpal.

2.1.1 Přímý švih

Odpal švihem je odpálení míče s co možná největší razancí, tak aby byl míč správně umístěn v herní výseči, ideálně mimo pozice bránících hráčů. Míč je prudkým a silným úderem uveden pákkařem do hry, což znemožní polařům chycení míče přímo v letu nebo zpracování míče po zemi a příhozem na první metu dřív, než na ni samotný pákkař doběhne (Süss, 2005).

Ve fastpitch softballu jsou známé především dva druhy technik přímých odpalů. Jedná se o rotační a lineární švih. To, kterou techniku švihu pálkař zvolí záleží mimo jiné na typu nadhozu, který nadhazovač použije na daného pálkaře.

Rotační úder je forma silného úderu, který je zaměřen na točivý moment. Tato technika vyžaduje poměrně velké množství energie, což může způsobit výkyvy v konzistentnosti odpalování pálkaře. Pálkaři, kteří volí techniku rotačního úderu, mají v úmyslu dosahovat více homerunů, ale pokud je švih proveden nesprávnou technikou, jsou to právě oni, kdo bývá častěji vyrazen nadhazovačem nebo obranou soupeře. Rotační švih je známý jako krátký švih. V tomto stylu pálka zkracuje oblast prodloužení dráhy švihu a prochází oblastí zasažení míče. Roztočení pálky přichází v momentě, kdy se hráč maximálně soustředí na letící míč. Když je technika provedena správně, pálkař má k dispozici sílu a energii, kterou využije k odpálení míče. Pokud však není hráč dostatečně soustředěný nebo má špatně zvládnutou techniku rotačního pohybu, pak dochází většinou k netrefení míče, které pálkaře stojí velké množství energie (Gordon et al., 2019).

Lineární švih je typ techniky, která nevyžaduje tolik síly jako rotační švih. U této techniky je odpalování poměrně konzistentní, protože dochází ke zvýšenému prodloužení pohybu pálky správným směrem. Účelem je, aby pálkař provedl pohyb pálkou pouze v jedné rovině při švihu. Pokud je tato technika správně provedena, hráč je schopen produkovat hodně energie při kontaktu s míčem. Přední rameno pracuje společně s hlavou a zaměřují se na míč (Obrázek 1). Pro zlepšení herních dovedností pálkaře jsou obě techniky důležité a prakticky fungují vedle sebe (Gordon et al., 2019).

Obrázek 1

Analyza přímého švihu (Reimold, 2017)



2.1.2 Ulejkva

Tento druh odpalování lze nazvat jako zkrácený odpal. Světová konfederace baseballu a softbalu (2022, 51) charakterizuje ulejkvu jako: „odpalený míč bez švihnutí proti míči, ale pomocí úmyslně nastavené pálky, přičemž míč je sražený do hracího pole.“ Süß (2003) definuje ulejkvu jako ztlumení míče pálkou do prostoru blízko domácí mety. Při provedení tohoto druhu odpalu je důležité správné načasování zahájení pohybu pálky. Cílem je, aby pálka byla nastavena na míč v co možná nejpozdějším momentě pohybu pálkaře při nadhozeném míči.

Ulejkvy se dělí na sebeobětovací a útočné. Při sebeobětovací ulejkve (Obrázek 2) se hráč snaží posunout běžce na metách na úkor svého postupu. Pro spoluhráče na metách, tak získá lepší pozici pro případné skórování. Oproti tomu útočnou ulejkvu (Obrázek 3) hráč volí s cílem překvapit obranu soupeře a získat pro sebe první metu. Mimo vhodného načasování je pro tuto herní dovednost potřebná i běžecká rychlost pálkaře, jelikož míč sklepnutý do země je většinou v blízkosti domácí mety, což je pro vnitřní polaře, mimo herní post spojky a druhometáře, poměrně blízko na zpracování míče a zahrání autu. Na druhou stranu útočné ulejkvy hrají všeobecně spíše pálkaři

leváci, respektive pálkaři odpalující z levého pálkařského boxu z pohledu nadhazovače, poněvadž odtud je vzdálenost k první metě kratší (Süss, Carboch & Pravečková, 2016).

Obrázek 2

Pohyby pálkaře při sebeobětovací ulejkce



Obrázek 3

Analýza útočné ulejkvy



2.1.3 Slap

Jedná se o typ odpalu, kdy je míč krátkým pohybem pálky sražen k zemi. Nejedná se přitom o ulevku ani o odpal plným švihem (WBSC, 2022). Slap je typickou herní dovedností levorukých pálkařů.

Dle Süsse (2003) je cílem slapu odpálit míč pomalu směrem k hráči hrajícímu na postu spojky tak, aby pálkař doběhl na první metu dříve, než tam hráč v poli přihraje míč.

Pohyb začíná rozběhem směrem k nadhazovači, zatímco nadhazovač vypouští míč z rukavice. Poté pálkař hrající slap kontaktuje míč krátkým a prudkým seknutím strategicky do země mezi třetího metaře a hráče hrajícího spojku, nebo do vzduchu těsně za hranicí vnitřního pole. Mezitím pálkař po celou dobu provádění pohybu zrychluje na první metu (Obrázek 4). Slap není pouze útočná dovednost, která vyžaduje jemnost a přesnost, ale především herní dovednost pro silné hráče, kteří dokážou tvrdě odpálit míč v běhu. Aby obrana v poli nehrála slap příliš brzo, musí pálkař co nejpozději zahájit pohyb směrem k nadhazovači. Hráči hrající slap mívají všeobecně nejlepší odpalovací průměry, což je jeden z ukazatelů, který se v softbale hodnotí v rámci pálkařských statistik (Garr, 2019).

Obrázek 4

Sekvence pohybů pálkaře hrajícího slap (Bratina & Compton, 2012)



2.1.4 Nabíhaný odpal

Je to jeden z typů krátké hry, kdy cílem je pomocí přímého náběhu směrem k nadhazovači umístit míč před nebo mezi hráče v poli, přičemž míč obvykle nemá dostatečnou sílu, aby se dostal z vnitřního pole. Tento typ odpalu využívají pálkaři s dobrými rychlostními schopnostmi. Často bývají nabíhané odpaly voleny v momentech, kdy je potřeba způsobit zmatek obraně. Pro týmy, které disponují hráči s dobrými rychlostními schopnostmi, ale nižšími silovými schopnostmi, jsou tzv. krátké hry, tj. ulejkvy, slapy a nabíhané odpaly, ideální herní variantou.

2.2 Zapojení svalů při odpalu

Odpalování v softballu lze považovat za komplexní pohyb celého těla s cílem vytvořit sílu potřebnou k odpálení míče s prostorovou a časovou přesností. Tento pohyb je založen na koordinovaném sledu svalových aktivit potřebných k vytvoření plynulého a opakovatelného švihů (Welch et al., 1995).

Pálkař ovlivňuje rychlost odpalu prostřednictvím kinematického řetězce, kdy dochází k postupným náborovým vzorcům svalů, které přenášejí hybnost z velkých svalů na menší sousední svaly (Milanovich & Nesbit, 2014).

V softballu podle typu odpalu můžeme rozlišovat několik fází, kterými pálkař v průběhu švihů prochází. Podle Hussaina et al. (2019) je důležité pro ujasnění pohybů během odpalování a následnou analýzu svalstva rozdělit softballový švih do čtyř fází (Obrázek 5).

2.2.1 Fáze odpalu přímým švihem

První fáze je základní postavení pálkaře, kdy pálkař stojí v mírném stoji rozkročném s váhou těla na přední noze. Druhá fáze tzv. „nabytí“ někdy nazývána jako negativní pohyb zahrnuje moment, kdy je přední rameno až do zahajovací pozice zavřené a pálka se nepatrně vzdálí od hlavy směrem dozadu. Z anatomického hlediska lze pozorovat rozdílné zapojení pravé a levé poloviny těla vzhledem k odlišné pohybové činnosti obou paží. Při zpětném pohybu ramen a paží dochází k addukci ramene, které je blíže k nadhazovači. Addukci provádí především m. pectoralis major za pomoci m. coracobrachialis anterior, m. latissimus dorsi a m. teres major posterior. Po zahájení addukce dochází k aktivaci horních vláken m. trapezius díky čemuž se rameno za mírného pokrčení přitáhne k tělu. Pro dokončení addukce je potřeba zapojení m. serratus anterior a svalů rotátorové manžety. Zadní rameno vykonává opačnou funkci oproti

přednímu, a to sice abdukci. Rameno a paže se pohybují směrem od nadhazovače a mírně vzhůru vůči tělu. Při tomto pohybu se zadní rameno dostává do ideální pozice pro zahájení švihu. Pro provedení tohoto pohybu musí dojít k aktivaci m. supraspinatus a m. deltoideus. Zásluhou kontrakcí antagonistických svalových partií m. latissimus dorsi, m. teres major, m. serratus anterior a m. pectoralis major je zajištěn energetický svalový potenciál pro maximální provedení švihu (Van Such, 2013).

Jak již bylo výše zmíněno v softballovém odpalu jde především o komplexní pohyb, kdy jsou zapojeny všechny tělesné segmenty. Do pohybu se v této fázi připojují i svaly hrudníku a trupu. Dochází k mírné rotaci páteře zpět od nadhazovače, při které jsou nejvíce zapojeny rotátory páteře a m. obliquus externus abdominis (Van Such, 2013).

Při softballovém odpalování dochází při švihu k jednostrannému zatěžování svalů na jedné polovině těla více než na druhé. Z tohoto důvodu mají pálkaři větší mobilitu a rotační rozsah pouze na jednu stranu, což může vést k dysbalanci, která předchází vzniku různých forem bolesti zad či eskalovat například ve vyhřezlou ploténku v bederní části páteře. Nejvhodnější varianta pro zmírnění efektů jednostranného zatížení je provedení několika kompenzačních odpalů na nedominantní stranu pálkaře po každém tréninku (Oshikawa et al., 2018).

V této fázi dochází také k zahájení pohybu přední nohy, respektive nadzvednutí špičky a pohybu trupu směrem od nadhazovače. Tím dojde k přenesení váhy na vnitřní stranu zadní nohy. Na dolní končetině dochází k hromadění energie v extensorech kyčelního a kolenního kloubu. Především se jedná o m. gluteus maximus, m. semimembranosus, m. semitendinosus, m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. vastus lateralis, m. vastus medialis a m. vastus intermedialis. Navíc při nadzvednutí špičky přední nohy dochází k plantární flexi hlezenního kloubu a aktivitu přebírají m. gastrocnemius a m. soleus (Van Such, 2013).

Posledním pohybovým vzorcem v této fázi je dotyk paty přední nohy na zem čímž započne rotace a hmotnost těla přejde zpět na přední nohu. Welch et. al (1995) tuto fázi popisují jako fázi kumulování energie, kterou pálkař přenesse do samotného švihu v další fázi pohybu.

Přípravná fáze švihu je zakončena natažením zápěstí. U zadní paže, přesněji řečeno ta, která je dále od nadhazovače, dochází k mírnému zvednutí lokte směrem vzhůru a k pronaci zápěstí, přičemž tento pohyb zajišťují m. pronator teres a m. pronator quadratus. Přední paže nemá za úkol přenášet tolik energie jako zadní paže, ale slouží především ke správnému navedení pálky proti míči (Van Such, 2013).

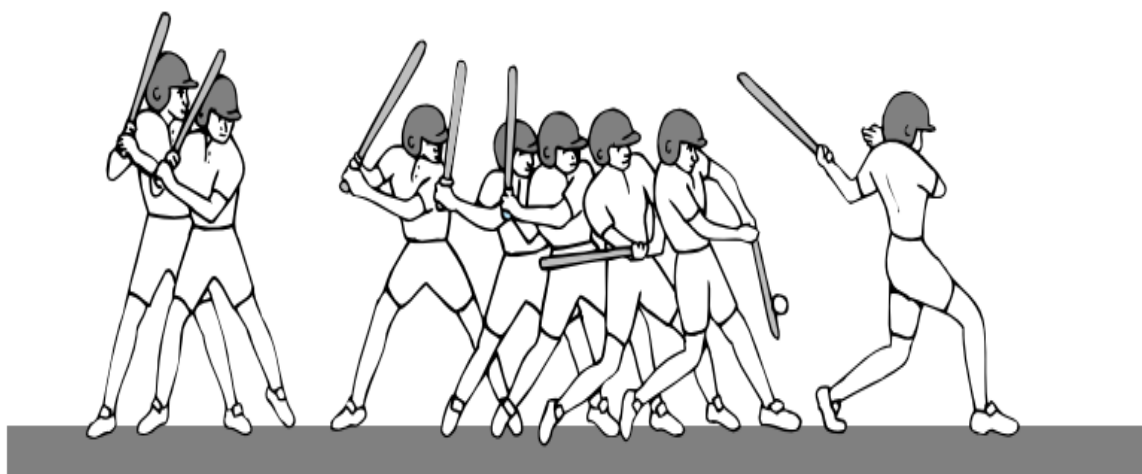
Třetí fáze je charakterizována jako kontakt míče s pálkou. Otevřením boků v zadní polovině těla dojde k aktivaci *m. obliquus externus abdominis* a rotátorů páteře. Dopřednou rotací se zvyšuje otáčivá energie, která je přenesena do ramen, paží, a nakonec do samotné pálky. U přední paže dochází po zahájení tažení směrem vpřed do směru míče k extenzi v loketním kloubu za pomoci extenzorů paže *m. triceps brachii* a *m. anconeus*. Na tomto pohybu předního loketního kloubu se podílejí *m. latissimus dorsi* a *m. teres major*. Při vytrčení zadního ramena do směru švihu jsou aktivní hlavně *m. pectoralis major*, *m. serratus anterior*, *m. deltoideus* a *m. coracobrachialis*. Loket zadní ruky provádí taktéž extenzi a paže jsou v loketním kloubu při kontaktu s míčem téměř natažené (Van Such, 2013).

Energie, která vznikla otáčivým pohybem těla je nyní přenesena do pálky, přičemž je potřeba pátku správně nasměrovat proti letícímu míči. V tomto momentě pákář těžší z pevného úchopu náčiní a trefuje míč v horní polovině samotné pálky. Díky vytažením paží do směru švihu zaujímá pákář pozici „prodlouženého předloktí“. V tomto momentě je ideální zasáhnout míč, jelikož klouby zápěstí jsou nejsilnější. Na pevném úchopu pálky se podílejí svaly v dlaních a svaly předloktí (Van Such, 2013).

Čtvrtá fáze softballového švihu je fáze došvihu. Jedná se o plynulé dokončení švihového pohybu. Doznívají rotační pohyby trupu a pánve společně s převrácením předloktí a zápěstí. Pálka pokračuje v otáčivém pohybu kolem osy těla a spolu s ní se přetáčí ramena. Boky i trup se otevírají k nadhazovači a důsledkem kinetické energie se mírně přetáčí. Zadní noha se vytáčí směrem k nadhazovači a v obou kyčlích dochází k mediální – vnitřní rotaci (Van Such, 2013)

Obrázek 5

Fáze softballového švihu (Baker, 2000)



K identifikaci konkrétní svalové aktivity zapojené do softballového odpalu je nutná analýza pohybových vzorců, což je vzhledem k nedostatečným studiím věnujících se odpalování v softballu velmi obtížné. Zejména pak pro jiné typy odpalu jako jsou nabíhané odpaly či ulejkvy. Identifikace typů aktivace svalů během odpalování je důležitá pro pochopení funkcí těchto svalů v průběhu odpalování. Navíc bylo nedávno zjištěno, že během různých fází docházelo k různým svalovým aktivacím. Všeobecně *m. pectoralis major* a *m. obliquus externus abdominis* mají zásadní roli při švihu (Hussain et al., 2019).

2.3 Kondiční předpoklady v softballu

Softball je pálkovací hra, která spojuje širokou škálu pohybových schopností a dovedností. Z hlediska kondiční náročnosti však hráči nedosahují vysoké energetické spotřeby maximálního zatížení. Intenzita zatížení kolísá nejen v závislosti na průběhu hry, ale i na místě, kde družstvo či jednotlivý hráč právě hraje. Hráči pravidelně střídají činnosti prováděné s podprůměrnou intenzitou s těmi prováděné s vysokou intenzitou. Jednorázová zatížení mají submaximální až maximální charakter a trvají přibližně od pěti do dvaceti sekund. Při zatížení submaximální či maximální intenzity obsahuje podíl anaerobního energetického krytí 77 – 90 % přičemž aerobní metabolismus se podílí pouze z 10 – 23 %. Z hlediska vyhodnocení energetického výdeje byly nejvyšší hodnoty zaznamenány během odpalování, běhu na mety a chytání, zpracování a házení míče. Maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}) dosahuje při těchto typech zatížení přibližně 3,5 –

4,6 litrů za minutu. V období submaximální intenzity je dosahováno až horní hranice hodnot dechové frekvence, zvyšujících se na 30 – 40 dechů za minutu. Minutová ventilace stoupá až k hodnotám mezi 80 – 120 litrům za minutu. Tato zatížení jsou však krátkodobá a střídají se s úseky relativního klidu (Melichna, 1995).

Větší část zápasu probíhá v oblasti střední intenzity zatížení. Zde převažuje aerobní energetické krytí a anaerobní způsob krytí energie zde činí jen 10 %. Při zatížení střední intenzity v průběhu utkání se dechová frekvence pohybuje v rozmezí 25 – 40 dechů za minutu a minutová ventilace je na hodnotách 40 – 70 litrů za minutu. Poměrně velká část činností probíhá při nízké intenzitě zatížení nebo dokonce v podmínkách pasivního odpočinku. Nízká intenzita je typická například při čekání na zahájení hry pohybu nadhazovače a výměně směn, respektive střídání hráčů v obraně a útoku. V průběhu utkání se tedy vyskytují všechny formy intenzity zatížení, které se nepravidelně střídají a plynule na sebe navazují. Tím jsou dány vysoké nároky na organismus a jeho schopnosti pružně reagovat na změny situací během hry (Melichna, 1995).

Je to sportovní disciplína, ve které mají svůj význam fyzické předpoklady, zvláště pak rychlost, síla a obratnost, tak i kvalitní zvládnutí technických dovedností jednotlivých herních činností. Své místo v této sféře zastupuje i taktické myšlení, které jak se ukazuje má velký význam při posouzení hranice úspěchu či neúspěchu v utkáních. Z funkčně metabolické odezvy je patrné, že trénink hráčů musí být zaměřen na udržení odpovídající funkční zdatnosti organismu, to odpovídá obecné i speciální vytrvalosti a rychlosti, na rozvoj obratnosti a koordinace, rozsahu pohyblivosti a síly. V softballu jsou vyžadovány i vytrvalostní schopnosti, jelikož průměrná doba utkání je 2,5 – 3 hodiny (Melichna, 1995).

2.3.1 Kondiční předpoklady pro daný typ odpalu

U různých typů odpalu existují drobné odlišnosti z hlediska kondičních předpokladů, všeobecně se dá říci, že pro přímý švih je potřeba zejména síla, kdy rozhodujícím svalem by měl být podle Melichny (1995) m. triceps brachii. Typy odpalu charakterizovány jako krátké hry, což jsou ulejkvy a slapy, mají útočný charakter, který je dán tím, že se pálkař intenzivně pohybuje v pálkařském boxu se snahou překvapit soupeře a zvýšit tím tak šanci na úspěšné získání mety. Při těchto typech odpalu je z pohybových schopností vyžadována zejména rychlost a koordinace. Proto tyto typy odpalů jsou vhodné pro hráče, kteří disponují právě těmito parametry.

2.4 Funkční anatomie sledovaných svalů

2.4.1 Musculus gastrocnemius

Dvojhlavý sval lýtkový je uložen na zadní straně dolní končetiny a je tvořen dvěma hlavami, těmi jsou *caput mediale et laterale*. Obě hlavy začínají na epikondyly femuru a končí společně s *m. soleus* jako Achillova šlacha (Dylevský, 2009).

Sval jako celek, společně s hlubokou vrstvou trojhlavého svalu lýtkového (*m. soleus*), vykonává plantární flexi nohy, zdvihá tělo při chůzi a udržuje správnou pozici bérce vůči noze (Čihák, 2001). Podle Dylevského (2009) je *m. gastrocnemius* hlavním iniciátorem supinace nohy, což je důležité při odpalování v závěru druhé fáze, kdy dochází k nadzvednutí špičky nohy jeden z charakteristických pohybů pro přenesené energie z dolních končetin do oblasti pánve, která zahajuje rotaci.

V případě *m. gastrocnemius* se jedná o posturální sval, který má tendenci ke zkrácení. V tomto důsledku může docházet ke vzniku různých patologických nálezů v oblasti hlezna a nohy (Aronow et al., 2006).

M. gastrocnemius můžeme protahovat například cvikem, kdy osoba stojí čelem ke zdi a rukama se opírá o zeď. Jednu nohu přednoží a pokrčí v kolenním kloubu. Druhou nohu zanoží s extenzí v koleni. Plochy chodidel jsou po celou dobu v kontaktu s podložkou, přičemž špičky směřují vpřed. Za současného výdechu zaujímá přední koleno mírný tlak směrem ke zdi (Nelson & Kokkonen, 2013).

2.4.2 Musculus biceps femoris

Dvojhlavý sval stehenní patří mezi dorzální svaly stehna. Začíná dvěma hlavami *caput longum et caput breve*, které se spojují ve společné svalové břicho přecházející na vnější stranu kolenního kloubu zakončené v úponovou šlachu. Dlouhá hlava *m. biceps femoris* začíná na hrbolu kosti sedací a krátká hlava od střední třetiny zevní hrany stehenní kosti. Obě hlavy se upínají jako silná šlacha na hlavici kosti lýtkové (Čihák, 2001).

Z funkčního hlediska dlouhá hlava dvojhlavého stehenního svalu (*caput longum*) provádí extenzi a addukci stehna a obě hlavy se uplatňují při flexi v kolenním kloubu. Při ohnutém koleni navíc provádí zevní rotaci bérce (Dylevský, 2009).

M. biceps femoris spolu s *m. semitendinosus* a *m. semimembranosus* jsou označovány jako hamstringy, což jsou silné posturální svaly s tendencí ke zkrácení. Cvičením by se měly pravidelně protahovat (Véle, 1997). Jak uvádí Nelson a Kokkonen

(2013) extenzory kyčelního kloubu, mezi které patří i m. biceps femoris, jsou intenzivně zatěžovány při mnoha sportovních aktivitách a často právě tyto svaly bývají unavené jako první a v důsledku toho klesá sportovní výkon, proto je důležité zařazení protahovacích cviků hamstringů do dynamického rozcvičení před sportovním výkonem. M. biceps femoris lze protahovat cvikem, kdy výchozí polohou je vzpřímený stoj bokem ke dveřnímu rámu. Stoj na levé noze při extenzi kolena. Osoba provádějící cvik se opírá o oporu ve výši ramenního kloubu. Následně provede flexi v kyčelním a kolenním kloubu a kývavými pohyby pravé dolní končetiny dynamicky pohybuje vpřed a vzad paralelně s dveřním rámem. Trup je držen zpříma. Stejný postup se opakuje i na druhou stranu.

2.4.3 Musculus pectoralis major

Velký sval prsní je mohutný sval patřící mezi thorakohumerální svaly. Vychází z přední strany hrudníku a jeho začátek je dán třemi částmi: pars claviculares, pars sternocostalis a pars abdominalis (Dylevský, 2009).

Tyto tři části se sbíhají směrem k rameni a vytvářejí silnou šlachu upínající se na velký hrbolek kosti pažní. Jeho funkce se liší v závislosti na jednotlivých částech svalu. Klavikulární část pomáhá při předpažení, sternokostální a abdominální části provádějí připažení a napomáhají při vnitřní rotaci paže (Čihák, 2001).

Haeberle et al. (2022) se ve své studii zabývají zraněním velkého prsního svalu u hráčů Major and Minor Baseball League. V jejich výsledcích uvádí, že tímto typem zranění jsou nejvíce zasaženi nadhazovači. V subanalýze porovnávací zraněnou stranu s dominantní stranou hráče bylo přes 85 % zranění utrpěno na straně hráče s dominantním odhazováním i odpalem.

Dolní vlákna m. pectoralis major patří mezi posturální svaly s tendencí ke zkrácení. Podle Jirky (1990) se tak děje při nedostatku kompenzačního pohybu či například charakterem daného sportu a nevhodným tréninkem.

2.4.4 Musculus triceps brachii

Trojhlavý sval pažní je sval lokalizován na dorzální straně paže. Má tři hlavy, caput longum začíná na lopatce, caput laterale a caput mediale na kosti pažní. Úpon všech tří hlav končí šlachou na výběžku kosti loketní. Funkčně se všechny hlavy podílejí na extenzi v loketním kloubu. Dlouhá hlava pomáhá dorzální flexi a addukci v ramenním kloubu (Čihák, 2001).

2.4.5 Musculus obliquus externus abdominis

Zevní šikmý sval břišní je plochý sval na povrchu boční stěny břišní. Svalové vlákna směřují šikmo dolů a dopředu. Začíná na osmi dolních žebrech a jeho zadní a kaudální snopce se upínají na hřeben kosti kyčelní. Ostatní snopce přechází v aponeurózu, která se upíná do linea alba (Dimon, 2017).

Při jednostranné kontrakci provádí úklon páteře na kontrahovanou stranu svalu, dále rotuje páteř společně s hrudníkem na protilehlou stranu. Při oboustranné kontrakci je synergistou přímého břišního svalu (Čihák, 2001).

Kato et al. (2020) ve své studii uvádí případ středoškolského hráče baseballu s jednostrannou bolestí dolní části zad v důsledku poranění šikmého břišního svalu v místě spojení s thorakolumbální fascií. V závislosti s tímto tématem předkládá informace o to, že tyto bolesti bývají nejčastěji uváděny sportovci, kteří se věnují sportům vyžadující jednostranné, asymetrické a výbušné pohyby, jako například hráči pálkovacích a raketových sportů.

Zevní šikmý sval je intenzivně aktivován při rotaci trupu. Ať již v momentě, kdy je pohyb pálkaře v negativní fázi, tak i v momentě, kdy se dostává pálkař do fáze kontaktu pátky s míčem a je v čelním postavení trupu a boků směrem k nadhazovači.

V mé předchozí práci, kde jsem analyzovala pouze svaly trupu a horní končetiny z hlediska elektromyografie při zapojování v průběhu odpalu, se ukázalo, že vnější šikmé svaly dosahují maxima svalové aktivity zejména při rotaci, tedy téměř v počátku pohybu odpalu. Nejdříve nejvyšší svalové aktivity dosáhl vnější šikmý sval na pravé straně a 0,051 sekundy po něm zevní šikmý sval na levé straně. Hodnoty byly vztaženy vzhledem k pálkaři odpalujícího z levého pálkařského boxu z pohledu nadhazovače (Sedlářová, 2019).

Tyto výsledky odpovídají průběhu kontrahování jednotlivých svalů v určitých fázích pohybu při odpalu dle Van Sucha (2013).

2.4.6 Musculus latissimus dorsi

Široký sval zádový je rozsáhlý plochý sval trojúhelníkovitého tvaru pokrývající povrch dolní poloviny zad. Jeho snopce vybíhají vějířovitě pomocí thorakolumbální fascie od dorzální části hřebenu kyčelního, od zadní plochy kosti křížové a od trnů bederních obratlů. Dále od tří posledních žeber a od trnových výběžků posledních pěti až šesti hrudních obratlů. Sval svými snopci směřuje do podpažní jamky, kdy v průběhu

směrem k úponu se zužuje a překrývá dolní úhel lopatky. Upíná se na hranu malého hrbolku kosti pažní (Čihák, 2001).

Funkčně v rámci kosti pažní je adduktorem, tedy uplatňuje se při připažení, a dále při vnitřní rotaci. Další funkce je dorzální flexe, respektive extenze kosti pažní v ramenním kloubu (Dylevský, 2009).

Jeno a Varacallo (2023) uvádí, že správná funkce a koordinace s m. teres major a m. pectoralis major jsou nezbytné pro plynulé a přesné pohyby horní končetiny, a to je při softballovém odpalu velmi důležité pro trefení míče.

U hráčů s bolestí dolní části zad je důležité posouzení flexibility a délky svalových vláken širokého svalu zádového. Zkrácení délky svalových vláken nebo zvýšení ztuhlosti tohoto svalu může vést ke změnám pohybových vzorců anebo k vadnému držení těla, tedy zhoršit bolest v oblasti křížové kosti. Široký sval zádový patří ke svalům fázickým, které mají slon k útlumu a oslabení, a proto je nutné je posilovat. Dolní část m. latissimus dorsi je řazena k posturální svalů, tedy s tendencí ke zkrácení. Z tohoto důvodu je nutné protažení širokého svalu zádového například pomocí jednoduchého cviku s postavením ve stoji s rovnými zády a rukama nad hlavou. Cvik je proveden nakloněním na jednu stranu do pozici, dokud cvičenec neucítí mírné až střední natažení v horní části zad a ramene. Následuje výdrž v poloze po dobu 5 sekund a poté návrat do výchozí pozice.

Z hlediska softballového či baseballového je stále častější riziko vzniku svalových trhlin v oblasti m. latissimus dorsi a m. teres major mezi profesionálními nadhazovači. Erickson et al. (2019) se zabývali srovnáním postupu léčby po prodělání zranění těchto svalů a přišli s výsledky, kdy při postupu konzervativní léčby je možný rychlý návrat zpět do profesionálních soutěží, ale při riziku snížení výkonosti. Při postupu chirurgického ošetření byla doba pro návrat na stejnou úroveň soutěží sice delší, ale dosahovali stejných výkonnostních parametrů jako před úrazem. Celkově však návratnost hráčů po prodělání zranění těchto svalů byla až 75%.

2.5 Elektromyografie

Elektromyografie (EMG) je vyšetřovací metoda, která za pomoci snímání bioelektrických signálů ze svalů, vyhodnocuje záznam o aktivitě svalů (Krobot & Kolářová, 2011).

Tato metoda studuje svalovou funkci pomocí analýzy změn elektrického potenciálu, ke kterým dochází při aktivaci svalu. Signál představuje anatomické a fyziologické vlastnosti svalů, ale ve skutečnosti je EMG signál elektrickou aktivitou

svalových motorických jednotek. Elektromyografii můžeme rozdělit na dvě kategorie, a to sice na elektromyografii jehlovou a elektromyografii povrchovou (Chowdhury et al., 2013).

V této práci bude využito povrchové elektromyografie (sEMG – surface electromyography) a proto je zde dále uvedena její charakteristika.

2.5.1 Povrchová elektromyografie

Za pomoci povrchové elektromyografie můžeme pozorovat zapojení více kosterních svalů najednou. Lze díky tomu hodnotit svalové zapojení při určených činnostech. Efektivně se dá povrchové elektromyografie využít pro výzkum a diagnostiku kineziologických funkcí v oblasti sportovního tréninku. Použití této technologie nabízí trenérům účelně porovnat představu o svalové funkci a skutečnou funkci daného svalového komplexu (Turker & Sözen, 2013).

Použití povrchové elektromyografie má mnoho výhod. První z nich je, že tato metoda poskytuje bezpečné, snadné a neinvazivní umístění elektrod přímo na kůži, tudíž není nutné pronikat s jehlovou elektrodou přímo do svaloviny. Další výhodou je právě sledování aktivity více svalových skupin najednou. Mimo jiné, možnost velké volnosti pohybu ve sledované části těla je dalším pozitivem při volbě této metody měření (Criswell, 2010).

Nevýhodou povrchové elektromyografie je, že dokáže zachytit akční potenciály pouze povrchově uložených svalů, což znamená, že pro svaly umístěné hlouběji je nevyužitelná. Mezi další problémy povrchové elektromyografie řadíme tzv. „crosstalk“. Jedná se o jev, kdy je signál zachycen elektrodami umístěnými na jednom svaly, ale jeho původ je ve svalech okolních tudíž energie z jedné svalové skupiny přejde do záznamového pole jiné svalové skupiny. Když k tomu dojde, mohou nastat problémy v specifičnosti záznamů. Pokud jsou elektrody správně aplikovány, riziko crosstalku se snižuje (Basmajian, 1978).

2.5.2 Elektrody

Elektrody pro snímání bioelektrických signálů jsou zastoupeny více typy. První typ jsou elektrody s vodivým gelem nebo pastou. Další možností jsou elektrody bez gelu nebo pasty tedy přímý kontakt kov-kůže. Také existuje možnost tzv. kapacitní elektrody, tj. bez elektrického kontaktu s kůží (De Luca et al., 1979).

Materiálový obsah elektrody hraje zásadní roli pro zlepšení kvality zaznamenaného sEMG s vysokým odstupem signálu od šumu. Zejména kovové materiály vykazují

správně fyzikální vlastnosti pro bioelektrické aplikace, a to právě svou vysokou vodivostí a vysokou hustotou nosiče náboje na rozhraní kůže – elektroda. Nejčastěji bývají elektrody vyrobeny ze stříbra nebo chloridu stříbrného. Mezi kůží a elektrodou je aplikována vrstva vodivostního gelu nebo pasty. Nevýhodou je, že vodivé gely nebo pasty nejsou vhodné pro dlouhodobé monitorování z hlediska časté alergické reakce kůže, podráždění kůže, riziko zkratu sousedních elektrod a vysoké impedanci kůže – elektroda v důsledku vysychání gelu. Oproti tomu suché elektrody, vyrobeny na bázi kovu, nanomateriálu, křemíku/oxidu křemičitého či polymeru, mohou tyto nevýhody eliminovat. V tomto případě vnější faktory (teplota, světlo, koncentrace elektrolytu a kontaminace) vykazují přímé a nepřímé vlivy na přesné zaznamenávání potenciálů povrchové elektromyografie a také životnost elektrod pro dlouhodobé sledování. Proto je důležité zkoumat nové materiály a hodnotit jejich chování za různých podmínek se zvážením parametrů, jako je umožnění vysoké vodivosti, minimalizace použití elektrodových gelů nebo žádné použití gelu, zachování stability záznamů během měření v různých teplotních prostředích, zlepšení životnosti elektrody pro dlouhodobé sledování, snížení koroze a přizpůsobení deformace (Alcan & Ozkendir, 2021).

2.5.3 Aplikace elektrod

Podle Kasmana a Wolfa (2002) bývá místem aplikace elektrod pro velké povrchové svaly nejčastěji střed svalového břicha. Aktivní elektroda se umístí co nejbližší k motorickému bodu, přesněji řečeno paralelně s průběhem svalových vláken mezi motorickým bodem a úponem šlachy. Někdy místo pro aplikaci elektrod je střed dvou motorických bodů.

Krobot a Kolářová (2011) uvádí stejně jako Kasman a Wolf (2002), že preferovaným místem aplikace elektrody je střed svalového břicha, kde lze snímat elektromyografický signál s nejvyšší amplitudou. Příčinou je velký poloměr vláken uprostřed svalu s ohledem na to, že amplituda roste s poloměrem svalového vlákna.

Z důvodu, aby došlo k přenosu potenciálů je nutné aplikovat mezi elektrodu a pokožku vodivý gel (Merletti & Parker, 2004).

2.5.4 Přínos elektromyografie pro sportovní odvětví

Využití povrchové elektromyografie v různých oblastech sportu rychle roste. Je důležitým nástrojem biomechanické analýzy a pomáhá pochopit roli svalu v konkrétním pohybu. Kromě toho, sEMG může být také nástrojem pro hodnocení nervosvalové

výkonnosti. Tímto způsobem lze určit funkční kapacitu svalů, které hrají nejaktivnější roli v pohybu a díky tomu mohou trenéři zlepšit tréninková cvičení, tak aby jejich svěřenci zvýšili pohybové schopnosti a dovednosti (Turker & Sözen, 2013).

Ve sportovním lékařství pomocí sEMG lze diagnostikovat poškození svalů, detekovat nesprávné vzorce aktivace svalů a vyhodnocovat výsledky léčby po předchozím zranění (Al-Ayyad et al., 2023).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 Hlavní cíl

Cílem práce je analyzovat svalovou aktivitu vybraných svalů při různých typech odpalů v softballu.

3.2 Hypotéza

Svalová aktivita se mezi jednotlivými typy odpalu bude lišit.

4 METODIKA

Diplomová práce je součástí projektu "Hodnocení úrovně nervosvalové koordinace u mladých sportovců", který byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod jednacím číslem 4/2018 (Příloha 1).

4.1 Výzkumný soubor

Měření proběhlo v přípravném období před začátkem ligové sezóny. Sledovaným souborem bylo 10 hráčů softbalového oddílu Snails Kunovice. Průměrný věk hráčů byl $24,5 \pm 10,1$ let, výška $183,6 \pm 5,0$ cm a hmotnost $82,2 \pm 10,6$ kg (Tabulka 1).

Probandi byli v době měření zdraví a nebyli omezeni žádnou indispozicí. Vybraní hráči dlouhodobě patří k nejlepším v rámci České republiky. Mají výborně zvládnutou techniku odpalů, což dokazují i jejich pálkařské statistiky během působení v nejvyšších republikových soutěžích juniorů a mužů. Testování proběhlo v rámci pálkařské části tréninku.

Tabulka 1

Charakteristika výzkumného souboru

| n = 10 | | |
|-----------------|---------------|----------------|
| Parametr | M ± SD | min/max |
| Věk [roky] | 24,5 ± 10,1 | 16/42 |
| Výška [cm] | 183,6 ± 5,0 | 172/193 |
| Hmotnost [kg] | 82,2 ± 10,6 | 65/99 |

Poznámka. *n* = počet probandů; *M* = aritmetický průměr; *SD* = směrodatná odchylka; *min/max* = minimální a maximální hodnota.

4.2 Metody sběru dat

Svalová aktivita byla měřena bezdrátově prostřednictvím přístroje Delsys Trigno Wireless EMG System (Delsys Inc., Boston, MA, USA). Je to zařízení na snímání svalové aktivity. Tento mobilní přístroj je vhodný k zaznamenávání dynamického pohybu.

4.2.1 Příprava před měřením

Softbalový nadhoz je vysoce variabilní herní činnost, kdy nadhazovač hází míč různé výšky, z nichž všechny se liší rychlostí anebo pohybem míče. Mezi typické druhy nadhozů patří fastball, change-up (zpomalený míč), falše do stran a dolů (padavý nadhoz) a často silnou zbraní je stoupající nadhoz, který těsně před pálkařem o několik centimetrů vystoupá (Downs et al., 2021).

Vzhledem k tomu, aby bylo testování standardizované, k nadhazování byl zvolen nadhazovací stroj Jugs M1300 Baseball/Softball, který disponuje možností nastavení výšky a rychlosti vypuštění míče. Jako základní parametry byly nastaveny hodnoty středové výšky strike zóny každého pálkaře a rychlost 110 km/h, což je podle statistik průměrná rychlost nadhozu v České extralize mužů.

Hráči se nejprve rozcvičili. Jednalo se o standardní rozcvičení celého těla a poté specifické rozcvičení s pálkou. Následně byly postupně na každého z hráčů umístěny elektrody pro měření povrchové elektromyografie.

4.2.2 Umístění elektrod

Měření probíhalo prostřednictvím povrchových elektrod o velikosti 37 mm x 26 mm x 15 mm. Před samotnou aplikací elektrod byla kůže očištěna 60% vodným roztokem isopropylalkoholu. Na senzory Trigno byly použity adhezivní pásky, kdy jedna styčná plocha se přilepí na elektrodu a druhá styčná plocha přímo na kůži. Každý ze senzorů má uvnitř zabudovanou baterii, kterou je možné dobít v základní stanici systému Trigno. Uváděná doba výdrže při aktivním režimu snímání je 8 hodin. Senzory mají na povrchu, přesněji na jedné straně, umístěné 4 stříbrné povrchové elektrody tyčkovitého tvaru, které slouží pro snímání elektromyografického signálu. Na druhé straně senzoru je znázorněna šipka, kterou je nutné umístit paralelně se směrem svalových vláken (Delsys Incorporated, 2018).

Elektrody byly umístěny doprostřed svalového břicha podle publikace Barbero et al. (2012) na m. gastrocnemius, m. biceps femoris, m. pectoralis major, m. triceps brachii, m. obliquus externus abdominis a m. latissimus dorsi. Každá elektroda byla na těle navíc zajištěna lékařskou páskou, aby nedošlo ke ztrátě signálu v průběhu odpalu.

4.2.3 Průběh měření

Každý z hráčů provedl nejprve několik cvičných odpalů kvůli správnému načasování na nadhazovací stroj a kontrolu technického provedení odpalu. Následně

proband provedl tři odpaly přímým švihem, tři sebeobětovací ulejkvy a tři nabíhané odpaly. Měřeny byly všechny pokusy bez ohledu na trefení či netrefení míčku. Do výsledků byly zahrnuty pouze pokusy s trefeným míčkem.

4.3 Sledované svaly

Pro elektromyografickou analýzu svalů při různých typech odpalu byly zvoleny svaly podle druhu pálkaře při jeho postavení v pálkařském boxu.

Pro pálkaře odpalujícího z levého pálkařského boxu z pohledu nadhazovače, tj. pro „leváka“ to byly následující svaly (Obrázek 6):

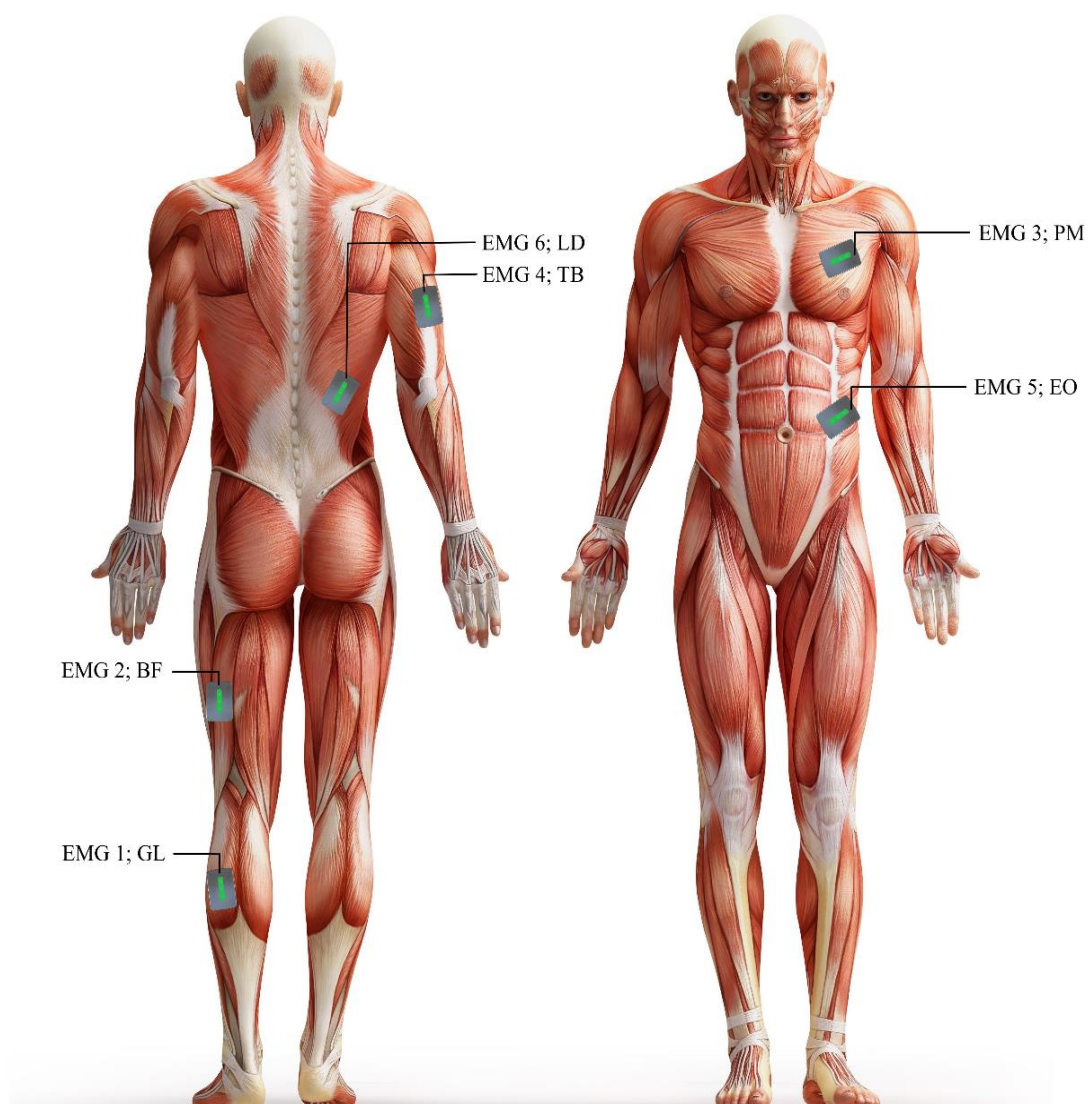
- m. gastrocnemius lateralis (GL) levé dolní končetiny
- m. biceps femoris (BF) levé dolní končetiny
- m. pectoralis major (PM) pletenec levé horní končetiny
- m. triceps brachii (TB) pravé horní končetiny
- m. obliquus externus abdominis (EO) přední nedominantní strana trupu
- m. latissimus dorsi (LD) zadní dominantní strana trupu

Pro pálkaře odpalujícího z pravého pálkařského boxu z pohledu nadhazovače, tj. pro „praváka“ to byly následující svaly (Obrázek 7):

- m. gastrocnemius lateralis (GL) pravé dolní končetiny
- m. biceps femoris (BF) pravé dolní končetiny
- m. pectoralis major (PM) pletenec pravé horní končetiny
- m. triceps brachii (TB) levé horní končetiny
- m. obliquus externus abdominis (EO) přední nedominantní strana trupu
- m. latissimus dorsi (LD) zadní dominantní strana trupu

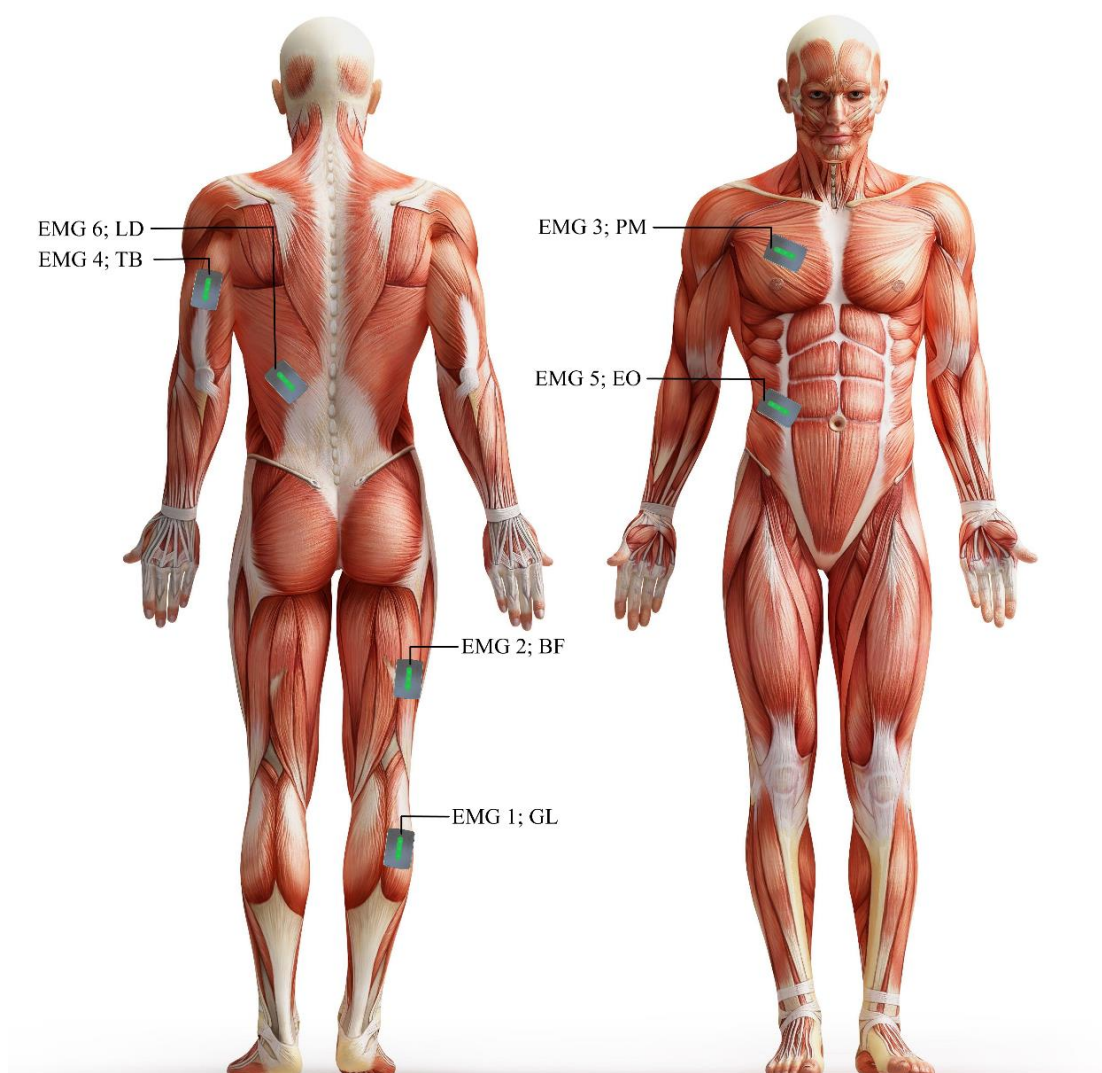
Obrázek 6

Umístění elektrod pro pálkaře „leváka“



Obrázek 7

Umístění elektrod pro pákaře „praváka“



Zpracování dat

Elektromyografický signál byl zaznamenán v softwaru Delsys a poté byl exportován do Microsoft Excel. Nejprve byla z klidových hodnot při základním postavení pro jednotlivé svaly vypočítána aktivační hodnota, která byla určena jako průměr svalové aktivity při základním postavení + 2*směrodatná odchylka. Podílem hodnot průměrné svalové aktivity vybraných úseků jednotlivých svalů a aktivačních hodnot příslušného svalu byla za pomoci programu Microsoft Office Excell získána hodnota nazvaná jako násobek aktivační hodnoty. Násobky aktivační hodnoty byly dále statisticky zpracovávány.

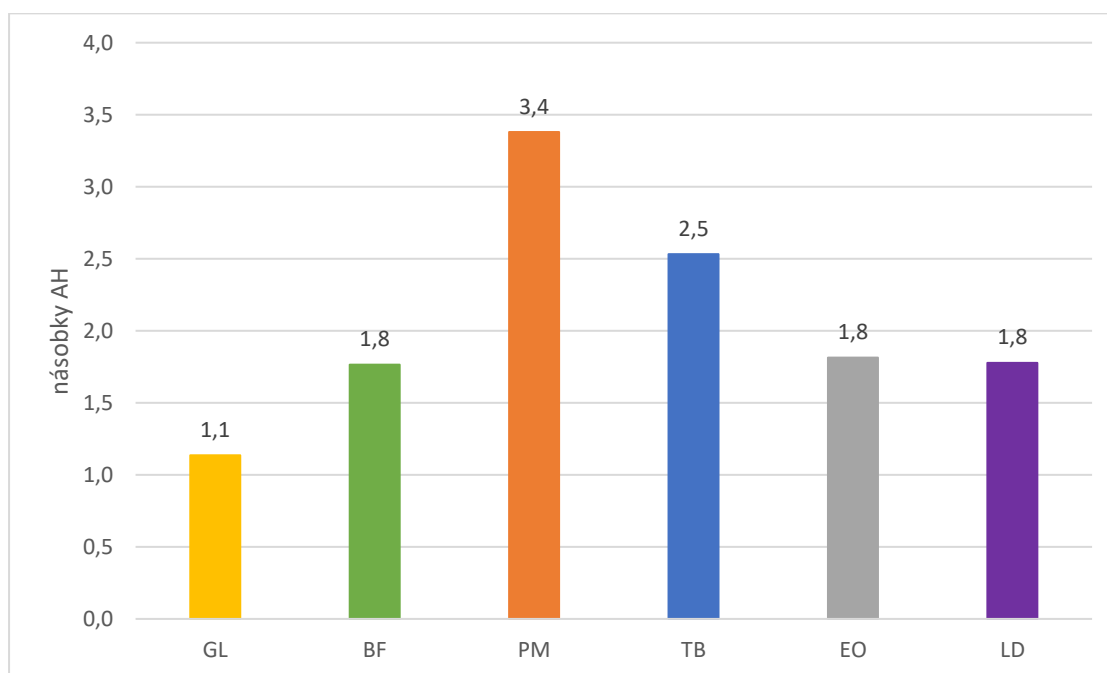
Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu STATISTICA (verze 12, Tibco Software, Palo Alto, USA). Nejdříve byly vypočítány základní statistické charakteristiky medián, dolní a horní kvartil. Vzhledem k velikosti skupin a povaze měřených proměnných byla svalová aktivita mezi různými typy odpalu porovnány pomocí neparametrického Wilcoxonova testu. Hladina statistické významnosti byla stanovena na úrovni $\alpha = 0,05$.

5 VÝSLEDKY

Nejprve byly určeny mediány pro jednotlivé typy odpalů. Výsledky pro jednotlivé svaly v závislosti na typu odpalu jsou zobrazeny v následujících grafech. Obrázek 8 ukazuje na svalovou aktivitu jednotlivých svalů při odpalu přímým švihem.

Obrázek 8

Medián z násobků aktivačních hodnot u testovaných svalů při odpalu přímým švihem



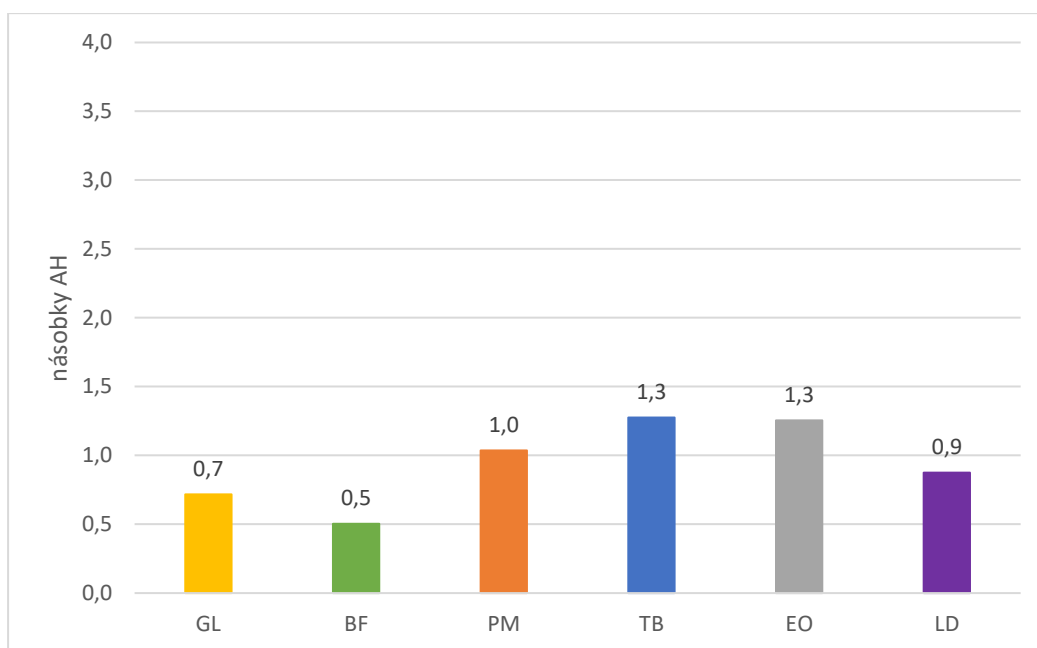
Poznámka. AH = aktivační hodnota, GL = m. gastrocnemius lateralis, BF = m. biceps femoris, PM = m. pectoralis major, TB = m. triceps brachii, EO = m. obliquus externus abdominis, LD = m. latissimus dorsi

Nejvyšší násobek aktivační hodnoty u odpalu přímým švihem byl zjištěn u m. pectoralis major, poté m. triceps brachii. Podobné hodnoty v násobcích aktivační hodnoty 1,8 byly zjištěny u m. biceps femoris, m. obliquus externus abdominis a m. latissimus dorsi. Nejnižší svalová aktivita byla naměřena při odpalu přímým švihem u m. gastrocnemius, a to s hodnotou 1,1 násobků aktivační hodnoty.

Na Obrázku 9 je graficky zobrazena svalová aktivita jednotlivých svalů při ulejšce. Do porovnání byly použity mediány hodnot každého z testovaných svalů.

Obrázek 9

Medián z násobků aktivačních hodnot u testovaných svalů při ulejkce



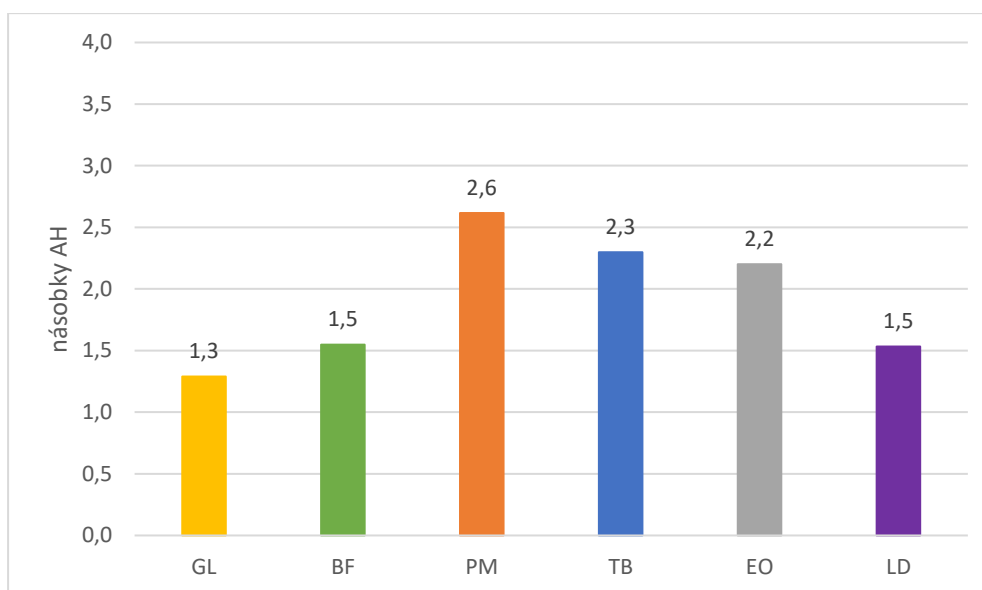
Poznámka. AH = aktivační hodnota, GL = m. gastrocnemius lateralis, BF = m. biceps femoris, PM = m. pectoralis major, TB = m. triceps brachii, EO = m. obliquus externus abdominis, LD = m. latissimus dorsi

Svalová aktivita při provedení ulejkky byla u všech testovaných svalů nižší než u odpalu přímým švihem. Nejvyšší svalové aktivity dosahuje m. triceps brachii a m. obliquus externus abdominis, a to v násobku aktivační hodnoty 1,3. U m. pectoralis major, který při odpalu přímým švihem vykázal nejvyšší aktivitu, to v případě provedení ulejkky bylo o téměř 71 % nižší hodnota svalové aktivity. M. latissimus dorsi dosáhl 0,9 násobků aktivační hodnoty, m. gastrocnemius 0,7 násobků aktivační hodnoty a nejnižší svalovou aktivitu vykázal m. biceps femoris s hodnotou 0,5.

Třetí typ odpalu, u kterého byly určeny mediány svalové aktivity byl nabíhaný odpal. Obrázek 10 graficky znázorňuje mediány svalové aktivity při nabíhaném odpalu.

Obrázek 10

Medián z násobků aktivačních hodnot u testovaných svalů při nabíhaném odpalu



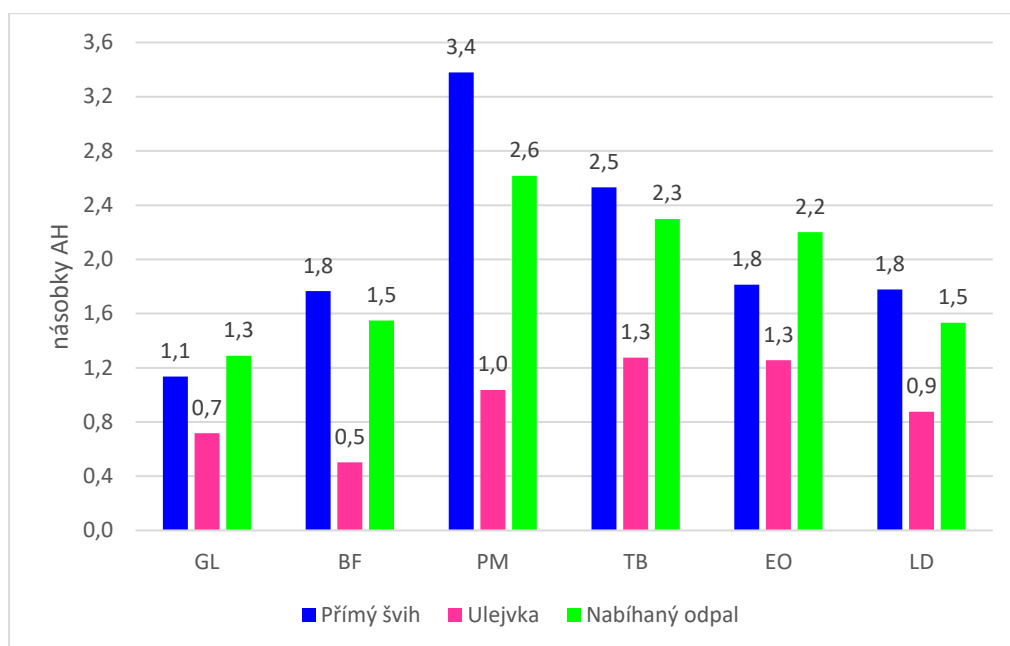
Poznámka. AH = aktivační hodnota, GL = m. gastrocnemius lateralis, BF = m. biceps femoris, PM = m. pectoralis major, TB = m. triceps brachii, EO = m. obliquus externus abdominis, LD = m. latissimus dorsi

Z výše uvedeného grafu je patrné, že nejvyšší svalové aktivity při nabíhaném odpalu stejně jako u odpalu přímým švihem dosáhl m. pectoralis major. Druhou nejvyšší aktivitou disponoval m. triceps brachii. O 0,1 nižší násobek aktivační hodnoty než m. triceps brachii měl m. obliquus externus abdominis. Stejně hodnoty svalové aktivity dosáhli m. latissimus dorsi a m. biceps femoris. Nejnižší svalové hodnoty při porovnání s ostatními svaly při nabíhaném odpalu dosáhl m. gastrocnemius, a to s hodnotou 1,3 násobků aktivační hodnoty.

Kvůli lepší přehlednosti byl vytvořen graf (Obrázek 11), který názorně představuje porovnání zapojení jednotlivých svalů v různých typech odpalu. Výsledky ukázaly, že největší svalové aktivity ze všech typů odpalu dosahuje m. pectoralis major. Nejnižší svalovou aktivitu ze všech typů odpalu má m. biceps femoris.

Obrázek 11

Porovnání mediánů mezi jednotlivými typy odpalu



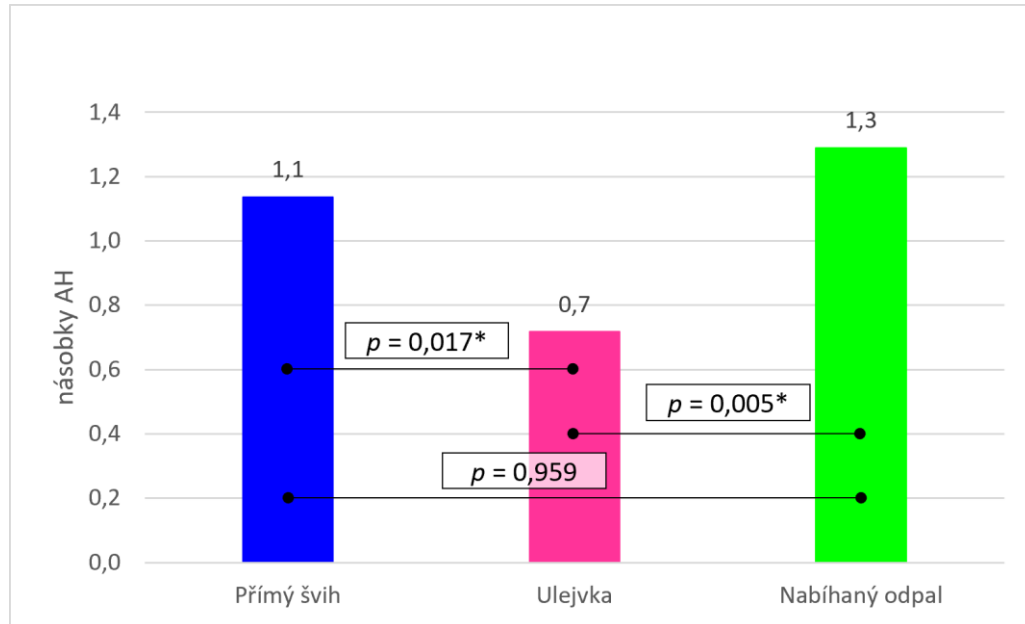
Poznámka. AH = aktivační hodnota, GL = m. gastrocnemius lateralis, BF = m. biceps femoris, PM = m. pectoralis major, TB = m. triceps brachii, EO = m. obliquus externus abdominis, LD = m. latissimus dorsi

Pro posouzení hladiny statistické významnosti mezi různými typy odpalu byl využit Wilcoxonův neparametrický test. Výsledky porovnání byly vztaženy k vybraným svalům.

Výsledky ukázaly statisticky významný rozdíl v aktivitě u m. gastrocnemius mezi odpalem přímým švihem a ulejkvou. Taktéž statisticky významný rozdíl byl pozorován mezi provedením ulejkvy a nabíhaným odpalem. Při porovnání odpalu přímým švihem a nabíhaného odpalu se významný rozdíl neprokázal. Výsledky statistického porovnání mezi třemi typy odpalů jsou znázorněny na Obrázku 12.

Obrázek 12

Grafické znázornění mediánu v násobcích aktivační hodnoty pro všechny tři typy odpalu u *m. gastrocnemius* včetně výsledků jejich vzájemného statistického porovnání

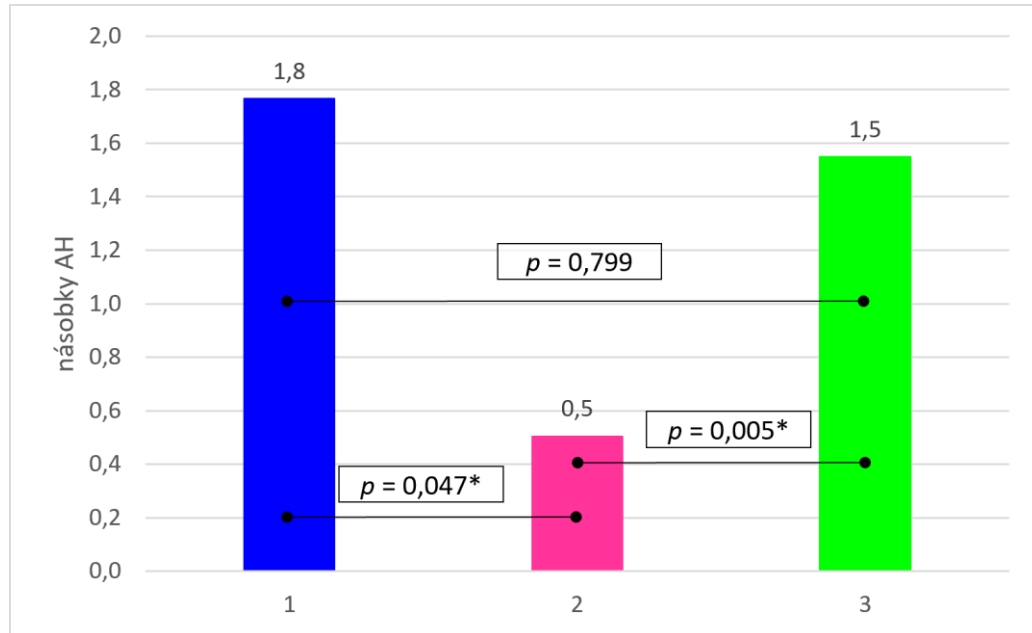


Poznámka. Porovnávané typy odpalu jsou v grafu propojeny horizontální čarou s hodnotou p v bílém rámečku, přičemž statisticky významné výsledky ($p < 0,05$) jsou uvedeny s hvězdičkou.

Při porovnání různých typů odpalu u *m. biceps femoris* byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi odpalem přímým švihem a ulejkvou. Statisticky významný rozdíl byl pozorován taky mezi provedením ulejkvy a nabíhaným odpalem. Při porovnání odpalu přímým švihem a nabíhaného odpalu se významný rozdíl neprokázal. Výsledky statistického porovnání mezi třemi typy odpalů jsou znázorněny na Obrázku 13.

Obrázek 13

Grafické znázornění mediánu v násobcích aktivační hodnoty pro všechny tři typy odpalu u *m. biceps femoris* včetně výsledků jejich vzájemného statistického porovnání

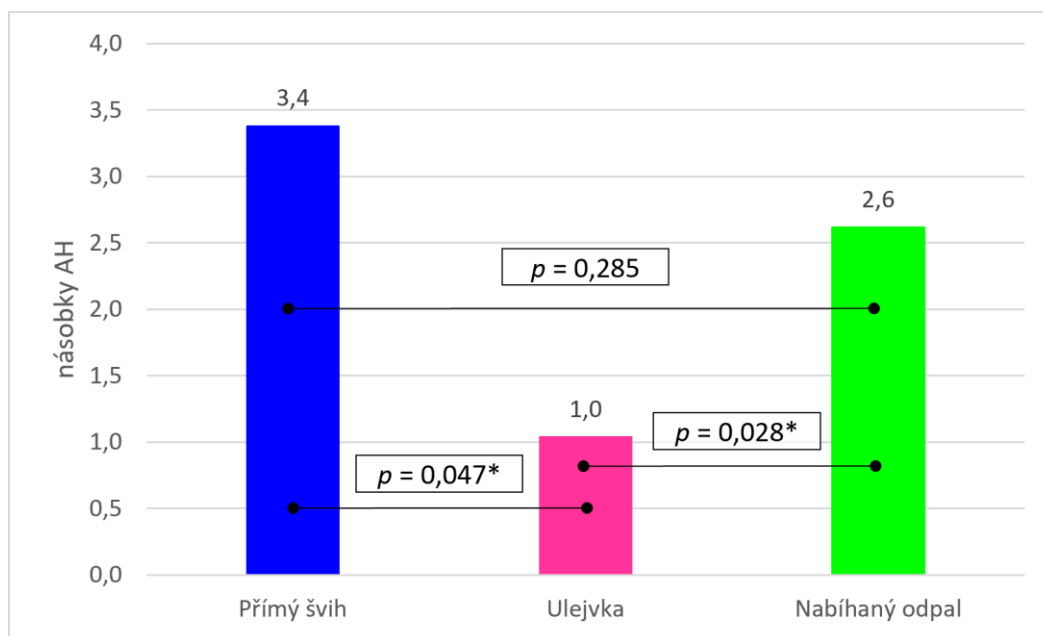


Poznámka. Porovnávané typy odpalu jsou v grafu propojeny horizontální čarou s hodnotou p v bílém rámečku, přičemž statisticky významné výsledky ($p < 0,05$) jsou uvedeny s hvězdičkou.

U *m. pectoralis major* (Obrázek 14) došlo, stejně jako u předchozích, k statisticky významnému rozdílu mezi odpalem přímým švihem a ulejkou a mezi nabíhaným odpalem a ulejkou. Při porovnání odpalu přímým švihem a nabíhaným odpalem se významný statistický rozdíl neukázal.

Obrázek 14

Grafické znázornění mediánu v násobcích aktivační hodnoty pro všechny tři typy odpalu u *m. pectoralis major* včetně výsledků jejich vzájemného statistického porovnání

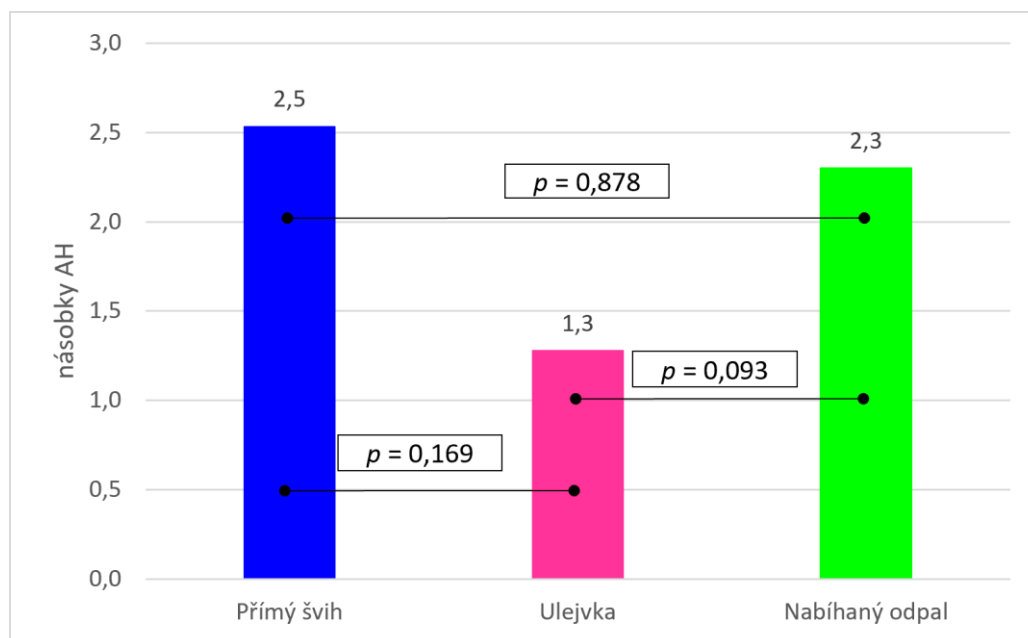


Poznámka. Porovnávané typy odpalu jsou v grafu propojeny horizontální čarou s hodnotou p v bílém rámečku, přičemž statisticky významné výsledky ($p < 0,05$) jsou uvedeny s hvězdičkou.

Při analýze *m. triceps brachii* při různých typech odpalu (Obrázek 15) je viditelný rozdíl mezi danými hodnotami, ale tento rozdíl není statisticky významný, protože mezi jednotlivými probandy byly velké inter-individuální rozdíly naměřených hodnot, a tudíž došlo k vysokému rozptylu.

Obrázek 15

Grafické znázornění mediánu v násobcích aktivační hodnoty pro všechny tři typy odpalu u m. triceps brachii včetně výsledků jejich vzájemného statistického porovnání

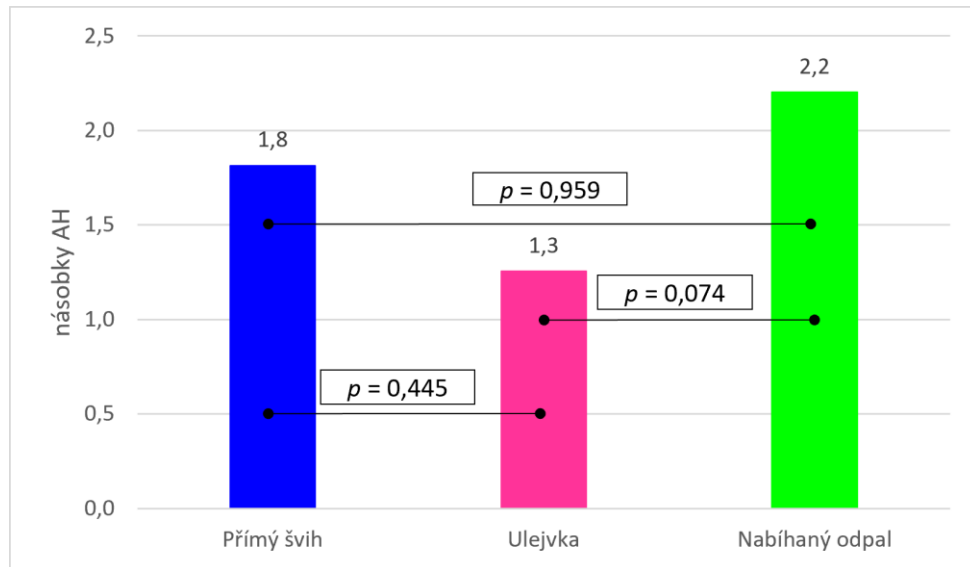


Poznámka. Porovnávané typy odpalu jsou v grafu propojeny horizontální čarou s hodnotou p v bílém rámečku

Obdobným případem jako m. triceps brachii byl i m. obliquus externus abdominis (Obrázek 16) a m. latissimus dorsi (Obrázek 17). V porovnání provedení odpalu přímým švihem a ulejkvy, dále ulejkvy a nabíhaným odpalem a v poslední variantě přímým švihem a nabíhaným odpalem jsou sice z naměřených hodnot viditelné nižší rozdíly, ale tyto rozdíly nejsou statisticky významné.

Obrázek 16

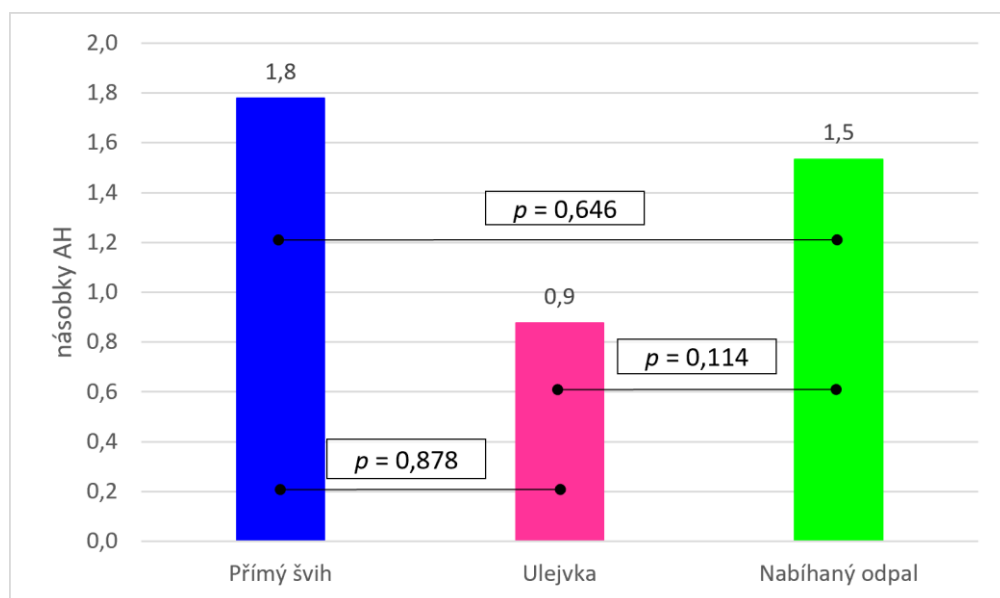
Grafické znázornění mediánu v násobcích aktivační hodnoty pro všechny tři typy odpalu u *m. obliquus externus abdominis* včetně výsledků jejich vzájemného statistického porovnání



Poznámka. Porovnávané typy odpalu jsou v grafu propojeny horizontální čarou s hodnotou p v bílém rámečku

Obrázek 17

Grafické znázornění mediánu v násobcích aktivační hodnoty pro všechny tři typy odpalu u *m. latissimus dorsi* včetně výsledků jejich vzájemného statistického porovnání



Poznámka. Porovnávané typy odpalu jsou v grafu propojeny horizontální čarou s hodnotou p v bílém rámečku

Z uvedených výsledků lze potvrdit naši hypotézu, že existují významné rozdíly ve svalové aktivitě mezi vybranými typy odpalu. Významně nižších násobků aktivačních hodnot bylo dosaženo při provedení ulejkvy ve srovnání s dalším dvěma odpaly.

6 DISKUSE

Odpalování v softballu je důležitou měřitelnou dovedností. Na základě získaných statistik pak můžou trenéři a soupeři srovnat úspěšnost pálkařů a podle toho sestavit taktický a tréninkový plán přípravy. V softballu je odpálení míče základní útočná činnost určující charakter hry. Z tohoto důvodu je každá nová studie věnující se tomuto tématu stěžejní pro rozvoj této dovednosti. Identifikace svalové aktivity u různých typů odpalu je důležitá pro pochopení funkcí těchto svalů v průběhu daného typu odpalu.

Dřívějším předmětem výzkumu v oblasti odpalování v softballu bylo měření kinematiky rychlosti pálky, kinetiky pohybů a reakční síly podložky. Tyto výsledky měření sloužily k lepší identifikaci mechanismů zapojených do odpalování (Hussain et al., 2019).

K dnešnímu dni existuje jen několik málo studií zabývajících se analýzou svalstva při odpalování v softballu. Jedna komplexní studie, kde Shaffer et. al (1993) zkoumá baseballový švih pomocí povrchové elektromyografie tvrdí, že se jedná o synchronizovaný přenos svalové aktivity se začátkem od dolních končetin směrem k trupu, a nakonec k horním končetinám. Mimo jiné v této studii zjišťovali, které svaly se nejvíce aktivují a zapojují během jednotlivých fází v odpalu. Tato studie však omezuje aktivitu jednotlivých svalů pouze pro jeden typ odpalu, a to konkrétně pro odpal přímým švihem.

Sledovaná skupina svalů byla zvolena dle studie Reyese et al. (2011), kteří sledovali účinky celotělových vibrací (WBV) na svalové aktivitu vybraných svalů horní a dolní části těla během baseballového švihu. Jejich předmětem výzkumu byli m. gastrocnemius, m. biceps femoris, m. gluteus maximus, m. pectoralis major, m. triceps brachii a m. latissimus dorsi.

Hussain et al. (2019) ve své práci tvrdí, že aktivace svalů při baseballovém švihem by neměla být zobecňována na softballových švih kvůli rozdílům mezi těmito sporty. Zejména zmiňuje velikost, rychlost a úhel sklonu nadhozeného míče. Kvůli těmto okolnostem ve své studii vyslovil hypotézu, že aktivity jednotlivých svalů prováděné během softballového švihu se budou lišit od těch, které jsou prováděny při baseballovém švihem.

Na základě této studie byla zohledněna i práce Raji et al. (2016), kteří se ve své práci zabývají svalovou aktivitou v softballovém odpalu a pro svůj výzkum zvolily m. pectoralis major, m. triceps brachii, m. biceps brachii, m. deltoideus, m. rectus femoris,

m. biceps femoris, m. gastrocnemius, m. latissimus dorsi, m. obliquus externus abdominis, m. rectus abdominis a m. tibialis anterior. V jejich výsledcích uvádějí, že m. pectoralis major má vysokou svalovou aktivitu během odpalu. V naší studii se s tímto výsledkem můžeme ztotožnit, jelikož v analýze svalové aktivity u odpalu přímým švihem vykázal nejvyšší násobky aktivační hodnoty. Stejně tomu bylo i při nabíhaném odpalu, kdy byl také svalem s nejvyšší aktivační hodnotou. Při provedení ulejkvy však svalová aktivita byla téměř o 71% nižší než u odpalu přímým švihem a o 61,5 % nižší než u nabíhaného odpalu.

Naše výsledky ukázaly významné rozdíly mezi odpalem přímým švihem a ulejkou a mezi ulejkou a nabíhaným odpalem u m. biceps femoris a m. gastrocnemius. Podle Raji et al. (2016) mají tyto svaly vysokou míru aktivace při odpalu přímým švihem ve fázi před samotným zahájením švihové fáze, respektive tehdy, kdy se energie z dolních končetin přesouvám směrem k pánvi, která zahajuje rotaci. V případě ulejkvy není hlavním cílem švihnutí proti míči s co největší možnou silou, ale dochází pouze ke ztlumení míče pálkou do prostoru nedaleko domácí mety a tím pádem není pro tento typ odpalu aktivita m. gastrocnemius a m. biceps femoris stěžejní. Toto zjištění potvrzuje i fakt, že tyto dva svaly dosáhli nejnižší svalové aktivity v násobcích aktivačních hodnot.

Při vyhodnocení svalové aktivity pro m. triceps brachii se významný statistický rozdíl u různých typů odpalu neukázal. Kitzman (1964) ve své studii porovnával svalovou aktivitu u hráčů baseballu a došel k závěru, že m. triceps brachii vykazoval nejvyšší svalovou aktivitu ze všech testovaných svalů. Na základě našich výsledků lze konstatovat, že při odpalu přímým švihem a při nabíhaném odpalu je dosaženo významně vyšší svalové aktivity. Z naší předchozí studie, kde jsme zjišťovali zapojení jednotlivých svalů do průběhu odpalu, tzv. timing, víme, že m. triceps brachii dosahuje největší svalové aktivity těsně před kontaktem pálky s míčem. Při kontaktu dochází k propnutí paží a tím se sval zkracuje čili zaznamenává největší aktivitu. Při analýze ulejkvy dokonce m. triceps brachii dosahuje nejvyššího násobku aktivační hodnoty. Z tohoto výsledku lze usoudit, že tento sval plní nejdůležitější funkci při provedení ulejkvy z hlediska kontaktu pálky s míčem za účelem správného umístění. Posilování m. triceps brachii by mohlo pálkařům zlepšit sílu, kterou přenášejí na pátku v momentu kontaktu s míčem.

M. obliquus externus abdominis a m. latissimus dorsi jsou svaly, které v průběhu přímého švihu dosáhli totožné úrovně násobků aktivační hodnoty. V případě nabíhaného

odpalu byla svalová aktivita m. latissimus dorsi o 32 % nižší než svalová aktivita m. obliquus externus abdominis.

Při porovnání mediánů z násobků aktivačních hodnot u testovaných svalů při ulejkce, vykázal m. obliquus externus abdominis nejvyšší násobek aktivačních hodnot. Tyto hodnoty byly shodné s m. triceps brachii. Při hraní ulejkky je cílem pálkaře překvapit obranu v poli. Z tohoto důvodu je zahájení pohybu charakterizující ulejkku na poslední možnou chvíli důležitým faktorem pro úspěšné získání mety, případně posun hráče na metách. V tomto případě je rychlá kontrakce svalů zajišťující rotaci trupu žádoucí, proto námi naměřené hodnoty odpovídají charakteru daného typu odpalu (Iino et al., 2014). Lee (2011) ve své práci zjišťuje zda-li strategie využití tohoto herního prvku má efekt na vyhrávání utkání. Zdůrazňuje, že hraní ulejek má své výhody i nevýhody. Výhodou je například to, že družstvo zvyšuje své šance na získání bodu, tím že pálkaři hrající ulejkku na sebe strhnou pozornost hráčů v poli a běžec na metách má tak vyšší šanci na skórování, protože se posunuje do lepší skórovací pozice. Nevýhodou tohoto typu odpalu je to, že u pálkaře musí dojít k sebeobětování svého odpalu na úkor postupu běžce na metách. Tato okolnost znamená, že se snižuje počet odpalovacích možností pro útočící hráče v dané směně. Navíc významným faktorem je i skutečnost, že pokud pálkař nemá dobře zvládnutou techniku hraní ulejkky, vystavuje tím svoje družstvo k uskutečnění dvoj auto hráči v poli v dané směně.

Znalost svalové aktivity při různých typech odpalu v softballu je důležitá pro silovou přípravu daného typu pálkaře, aby trenéři věděli, který hráč má nejlepší možné předpoklady pro dosažení úspěšných statistik.

7 ZÁVĚRY

Výsledky této práce ukázaly, že při porovnání svalové aktivity během různých typů odpalu v softballu je rozdílná svalová aktivita u zapojovaných svalů v průběhu odpalu.

Při srovnání rozdílů v míře aktivity můžeme statisticky významné rozdíly pozorovat u m. gastrocnemius při odpalu přímým švihem a ulejkou a při porovnání ulejkvy a nabíhaného odpalu. U m. biceps femoris byl zjištěn statisticky významný rozdíl při porovnání odpalu přímým švihem a ulejkvy a při provedení ulejkvy a nabíhaného odpalu. Třetím svalem, který dosáhl statisticky významného rozdílu byl m. pectoralis major, který vykazoval významné rozdíly při porovnání odpalu přímým švihem a ulejkvy a ulejkou a nabíhaným odpalem.

M. pectoralis major vykazuje nejvyšší násobek aktivační hodnoty ze všech testovaných svalů. Této hodnoty dosahuje při odpalu přímým švihem. Nejnižšího násobku aktivační hodnoty ze všech testovaných svalů dosáhl m. biceps femoris. Tato hodnota byla naměřena při provedení ulejkvy.

Z porovnání svalové aktivity mezi jednotlivými typy odpalu lze vyvodit, že nejnížší svalová aktivita byla zaznamenána u typu odpalu ulejkva. Nejvyšších násobků aktivačních hodnot bylo dosaženo při odpalu přímým švihem s výjimkou m. obliquus externus abdominis, který nejvyššího násobku aktivační hodnoty dosáhl při nabíhaném odpalu.

Nově získané poznatky v této sféře mohou být využity trenéry při sestavování tréninkových jednotek zaměřující se prohloubení herních dovedností v kategorii typů odpalů a přispět k zdokonalení znalostí v oblasti pochopení zapojení jednotlivých svalů během různých typů odpalu a zlepšit tím technicko-taktickou stránku svého týmu.

V neposlední řadě mohou tato zjištění poskytnout trenérům a profesionálům v oblasti silové kondice pozoruhodné poznatky při vytváření efektivních tréninkových programů. Tyto tréninkové programy jsou nezbytné pro zlepšení síly svalů, které se zabývají především softballovým švihem (Hussain et al., 2019).

8 SOUHRN

Hlavním záměrem diplomové práce bylo pomocí povrchové elektromyografie analyzovat vybrané svalstvo při různých typech odpalu v softballu.

V první části literárního přehledu práce jsou uvedeny jednotlivé typy odpalů, které v softballu rozeznáváme. Každý z nich zahrnuje popis provedení včetně obrazové dokumentace jednotlivých fází daného odpalu. Další částí přehledu poznatků je zapojení svalů při odpalu. Tato část práce popisuje fáze odpalu z hlediska zapojování jednotlivých svalů při různých typech odpalu. Vzhledem k nedostatečným empirickým studiím tohoto tématu je zahrnuta pouze podkapitola fáze odpalu přímým švihem. Kapitola kondiční předpoklady v softballu charakterizuje softball z hlediska energetické náročnosti na organismus a součástí této kapitoly jsou zahrnuty kondiční předpoklady pro daný typ odpalu, zejména z hlediska očekávaných kondičních parametrů pro odpovídající typ odpalu. Zahrnuje soupis jednotlivých pohybových schopností a dovedností, kterými by měl disponovat pálkař hrající určitý typ odpalu. V literárním přehledu je uvedena také kapitola týkající se funkční anatomie sledovaných svalů.

V druhé části literární přehledu je popsána metoda elektromyografie se zaměřením přímo na povrchovou elektromyografii, která byla nástrojem pro výzkumnou část diplomové práce. Kapitola zahrnuje popis snímání bioelektrických signálů ze svalů, výhody a nevýhody, popis elektrod včetně údajů o nejčastěji používaných materiálech výroba a způsob aplikace elektrod.

Praktická část diplomové práce zahrnuje metodiku, kde je uvedena charakteristika výzkumného souboru. Výzkumu se zúčastnilo 10 hráčů družstva Snails Kunovice, kdy průměrný věk hráčů byl $24,5 \pm 10,1$ let, výška $183,6 \pm 5,0$ cm a hmotnost $82,2 \pm 10,6$ kg. Dále v metodách sběru dat je upřesněno zařízení pro měření elektromyografie (Delsys Trigno Wireless EMG System, Delsys Inc., Boston, MA, USA) a jeho technické parametry. Kapitola příprava před měřením a průběh měření upřesňuje způsob provedení výzkumu. Součástí metodiky je část věnující se umístěním elektrod pro sledované svaly, kterými v této práci byly m. gastrocnemius, m. biceps femoris, m. pectoralis major, m. triceps brachii, m. obliquus externus abdominis a m. latissimus dorsi. Pro detailnější popis jsou k výše uvedeným svalům vytvořeny obrázky v závislosti na preferované straně při odpalování pálkaře. Poslední část metodiky tvoří zpracování dat, kde jsou popsány postupy při získu dat a hodnoty využitelné pro interpretaci výsledků.

Výsledky zkoumání jsou prezentovány pomocí grafů z důvodu lepší přehlednosti práce. Nejdříve došlo k vyhodnocení svalové aktivity při jednotlivých typech odpalu v softballu. U odpalu přímým švihem dosáhl nejvyšší aktivační hodnoty m. pectoralis major, následně m. triceps brachii. Stejně hodnoty byly zjištěny u m. biceps femoris, m. obliquus externus abdominis a m. latissimus dorsi. Nejnižší svalovou aktivitu při odpalu přímým švihem měl m. gastrocnemius. Při nabíhaném odpalu výsledky ukázaly podobné hodnoty svalové aktivity jako u odpalu přímým švihem. Nejvyšších hodnot dosáhl m. pectoralis major, druhý v pořadí m. triceps brachii a m. obliquus externus abdominis. Stejně hodnoty byly zastoupeny při nabíhaném odpalu u m. latissimus dorsi a m. biceps femoris. Nejnižší svalovou aktivitu z uvedených svalů při tomto typu odpalu měl m. gastrocnemius. Nicméně při analýze v rámci tohoto svalu v závislosti na všech třech typech odpalu dosáhl při nabíhaném odpalu nejvyššího násobku aktivační hodnoty. Při provedení ulejkvy byly aktivita svalů výrazně nižší než u odpalu přímým švihem a nabíhaným odpalem. Nejvyšší svalovou aktivitu při ulejkve má m. triceps brachii a m. obliquus externus abdominis. M. pectoralis major dosáhl třetí nejvyšší hodnoty, následně m. latissimus dorsi a m. gastrocnemius. Nejnižší svalovou aktivitu vykázal m. biceps femoris.

Výsledky porovnání byly vztaženy k vybraným svalům. Statisticky významné rozdíly byly zaznamenány u m. gastrocnemius, m. biceps femoris a m. pectoralis major, a to konkrétně v porovnání mezi odpalem přímým švihem a ulejkvou a mezi provedením ulejkvy a nabíhaným odpalem. U m. triceps brachii, m. obliquus externus abdominis a m. latissimus dorsi nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl u různých typů odpalu. Pro porovnání odpalu přímým švihem a nabíhaným odpalem nedochází u žádného z testovaných svalů k významnému statistickému rozdílu hodnot.

Výsledky této diplomové práce mohou sloužit hráčům či trenérům softballu, kteří chtějí získat či prohloubit své poznatky v oblasti softbalového odpalování. Především při volbě typu odpalu v závislosti na zapojované svaly a jejich posílení. Silnější svaly produkují více svalové síly, která je rozhodující při provedení daného typu odpalu. Tato práce je pilotní studií v problematice zapojování jednotlivých svalů při různých typech odpalu. Pro relevantnost zjištěných výsledků je proto zapotřebí širší výzkum v této oblasti pálkovací hry softballu.

9 SUMMARY

The main aim of the diploma thesis was to analyze selected muscles during different types of softball hitting using surface electromyography.

The first part of the literature review of the thesis lists the different types of batting that we recognize in softball. Each of them includes a description of the execution, including figure documentation of the individual phases of the launch. Another part of the knowledge overview is the involvement of muscles in the hitting. This part of the thesis describes the phases of the hits in terms of engaging individual muscles at different types of batting. Due to insufficient empirical studies on this topic, only the subsection on the phase of the direct swing is included. The chapter fitness prerequisites in softball characterizes softball in terms of energy demands on the body and part of this chapter are included fitness prerequisites for the type of hitting, especially in terms of expected fitness parameters for the corresponding type of batting. It includes a list of individual movement abilities and skills that should be possessed by a batter playing a certain type of batting. The literature review also includes a chapter on the functional anatomy of the monitored muscles.

The second part of the literature review describes the method of electromyography with a focus directly on surface electromyography, which was a tool for the research part of the thesis. The chapter includes a description of the acquisition of bioelectric signals from muscles, advantages and disadvantages, description of electrodes including data on the most used materials, production, and method of application of electrodes.

The practical part of the diploma thesis includes a methodology where the characteristics of the research group are given. The research was attended by 10 players of the Snails Kunovice team, where the average age of the players was 24.5 ± 10.1 years, height 183.6 ± 5.0 cm and weight 82.2 ± 10.6 kg. Furthermore, the data collection methods specify the device for measuring electromyography (Delsys Trigno Wireless EMG System, Delsys Inc., Boston, MA, USA) and its technical parameters. The chapter preparation before measurement and the course of measurement specifies the method of conducting the research. Part of the methodology is a part devoted to the placement of electrodes for monitored muscles, which in this work were m. gastrocnemius, m. biceps femoris, m. pectoralis major, m. triceps brachii, m. obliquus externus abdominis and m. latissimus dorsi. For a more detailed description, images are created for the above muscles, depending on the preferred side of batter. The last part of the methodology

consists of data processing, where the procedures for data acquisition and the values usable for the interpretation of results are described. The results of the research are presented using graphs for better clarity of the work.

First, muscle activity was evaluated during each type of softball hit. In the direct swing, *m. pectoralis major* reached the highest activation value, followed by *m. triceps brachii*. The same values were found in *m. biceps femoris*, *m. obliquus externus abdominis* and *m. latissimus dorsi*. The lowest muscle activity when hitting by a direct swing had *m. gastrocnemius*.

In the run-up hitting, the results were shown similar results of the muscle activity as in the direct swing. The highest value was reached by *m. pectoralis major*, second in order of *m. triceps brachii* and *m. obliquus externus abdominis*. The same values were represented in the run-up hit of *m. latissimus dorsi* and *m. biceps femoris*. The lowest muscle activity of these muscles in this type of batting had *m. gastrocnemius*. However, when analyzed within this muscle, depending on all three types of hitting, *m. gastrocnemius* achieved the highest multiple of the activation value when the run-up hitting.

When performing the bunt, the activity of all muscles was significantly lower than in the case of a direct swing and a run-up hitting. The highest muscle activity in the bunt has *m. triceps brachii* and *m. obliquus externus abdominis*. *M. pectoralis major* reached the third highest value, followed by *m. latissimus dorsi* and *m. gastrocnemius*. The lowest muscle activity was shown by *m. biceps femoris*.

The results of the comparison were related to selected muscles. Statistically significant differences were noted in *m. gastrocnemius*, *m. biceps femoris* and *m. pectoralis major*, specifically in the comparison between direct swing and the bunt and between the bunt and the run-up hit. For *m. triceps brachii*, *m. obliquus externus abdominis* and *m. latissimus dorsi*, no statistically significant difference was found between different types of hitting. To compare the direct swing and the run-up hit, none of the tested muscles shows a significant statistical difference in values.

The results of this diploma thesis can be used for softball players or coaches who want to gain or deepen their knowledge in the field of softball batting. Especially when choosing the type of hitting depending on the muscles involved. Stronger muscles produce more muscle strength, which is critical when performing a given type of hitting. This diploma thesis is a pilot study in the issue of involvement of individual muscles in

different types of shots. Therefore, more research is needed in this area of softball batting for the relevance of the results.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Al-Ayyad, M., Owida, H. A., De Fazio, R., Al-Naami, B., & Visconti, P. (2023). Electromyography Monitoring Systems in Rehabilitation: A Review of Clinical Applications, Wearable Devices and Signal Acquisition Methodologies. *Electronics*, *12*(7), 1520. <https://doi.org/10.3390/electronics12071520>
- Alcan, V., & Ozkendir, O. M. (2021). Evaluating electronic and structural properties of Au and Cu substituted AgCl electrode for application in surface electromyography. *Materialia*, *18*, 101–170. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2021.101170>
- Aronow, M. S., Diaz-Doran, V., Sullivan, R. J., & Adams, D. J. (2006). The Effect of Triceps Surae Contracture Force on Plantar Foot Pressure Distribution. *Foot & Ankle International*, *27*(1), 43–52. <https://doi.org/10.1177/107110070602700108>
- Baker, M. M. (2000). Softball. In B. L. Drinkwater (Ed.), *Women in Sport* (pp. 626–646). Blackwell Science Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757093>
- Barbero, M., Merletti, R., & Rainoldi, A. (2012). *Atlas of muscle innervation zones: Understanding surface electromyography and its applications*. Springer.
- Barr, G. (2019). *Softball Slapping*. Building Rome Series. <https://www.buildingromeseries.com/softball-slapping/>
- Basmajian, J. V. (1978). *Muscle alive: Their functions revealed by electromyography*. (4th ed). Williams & Wilkins.
- Chowdhury, R., Reaz, M., Ali, M., Bakar, A., Chellappan, K., & Chang, T. (2013). Surface Electromyography Signal Processing and Classification Techniques. *Sensors*, *13*(9), 12431–12466. <https://doi.org/10.3390/s130912431>
- Čihák, R. (2001). *Anatomie I* (2nd ed.). Grada.
- Criswell, E. (2010). *Cram's Introduction to Surface Electromyography* (2nd ed.). Jones & Bartlett Learning.
- De Luca, C. J., Le Fever, R. S., & Stulen, F. B. (1979). Pasteless electrode for clinical use. *Medical and Biological Engineering and Computing*, *17*(3), 387–390. <https://doi.org/10.1007/BF02443828>

- Delsys Incorporated. (2018). *TrignoTM Wireless Biofeedback System User's Guide PM-W05*. Delsys. <https://delsys.com/support/documentation/>
- Dimon, T. (2017). *Anatomie těla v pohybu: základní kurz anatomie kostí, svalů a kloubů*. Universum.
- Downs, J. L., Bordelon, N. M., Friesen, K. B., Shannon, D. M., & Oliver, G. D. (2021). Kinematic Differences Exist Between the Fastball, Changeup, Curveball, and Dropball Pitch Types in Collegiate Softball Pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(4), 1065–1072. <https://doi.org/10.1177/0363546520988172>
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie*. Grada.
- Erickson, B. J., Chalmers, P. N., D'Angelo, J., Ma, K., & Romeo, A. A. (2019). Performance and Return to Sport After Latissimus Dorsi and Teres Major Tears Among Professional Baseball Pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(5), 1090–1095. <https://doi.org/10.1177/0363546519829086>
- Flyger, N., Button, C., & Rishiraj, N. (2006). The Science of Softball. *Sports Medicine*, 36(9), 797–816. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636090-00006>
- Gordon, M., Schaum, G., Stalder, B., Scoles, C., Lesky, D., Clarke, D., Youngfelt, T., & York, P. (2019). *Pine Tar Press*. What Are The Types of Hitting Techniques in Fastpitch Softball? <https://www.pinetarpress.com/types-of-hitting-techniques-in-fastpitch-softball/>
- Haeberle, H. S., Ramkumar, P. N., Frantz, T. L., Jones, G. L., Curriero, F. C., Corrigan, A., Soloff, L., Schickendantz, M. S., & Frangiamore, S. J. (2022). Pectoralis muscle injuries in Major and Minor League Baseball. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 31(8), 363–368. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.01.134>
- Hussain, R. N. J. R., Mea, K. K., Razman, R., Ismail, S. I., Shari, M., & Idris, N. M. (2019). The comparison between major muscle activations during different phases in softball batting. *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, 27(S3), 147–157. <http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/76500/1/JSSH%20Vol.%2027%20%28S3%29.%202019%20%28View%20Full%20Journal%29.pdf#page=161>

- Iino, Y., Fukushima, A., & Kojima, T. (2014). Pelvic Rotation Torque During Fast-Pitch Softball Hitting Under Three Ball Height Conditions. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(4), 563–573. <https://doi.org/10.1123/jab.2013-0304>
- Jeno, S. H., & Varacallo, M. (2023). Anatomy, Back, Latissimus Dorsi. In *StatPearls*. StatPearls Publishing LLC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448120/>
- Jirka, Z. (1990). *Regenerace a sport*. Olympia.
- Kasman, G. S., & Wolf, S. L. (2002). *Surface EMG made easy: A beginner's guide for rehabilitation clinicians*. Noraxon.
- Kato, K., Otoshi, K., Yabuki, S., Otani, K., Nikaido, T., Watanabe, K., Kobayashi, H., Handa, J., & Konno, S. (2020). Abdominal oblique muscle injury at its junction with the thoracolumbar fascia in a high school baseball player presenting with unilateral low back pain. *Fukushima Journal of Medical Science*, 67(1), 49–52. <https://doi.org/10.5387/fms.2020-27>
- Kitzman, E. W. (1964). Baseball: Electromyographic Study of Batting Swing. *The Research Quarterly*, 35(2), 166–178. <https://doi.org/10.1080/10671188.1964.10613295>
- Kolářová, B., Marková, M., Szmeková, L., & Stacho, J. (2014). *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci – možnosti vyšetření a terapie*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Krobot, A., & Kolářová, B. (2011). *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Lee, Y. H. (2011). Is the small-ball strategy effective in winning games? A stochastic frontier production approach. *Journal of Productivity Analysis*, 35(1), 51–59. <https://doi.org/10.1007/s11123-010-0182-2>
- Melichna, J. (1995). *Fyziologie tělesné zátěže. II., Speciální část. 2. díl*. Karolinum.
- Merletti, R., & Parker, P. A. (2004). *Electromyography: Physiology, Engineering, and Non-Invasive Applications*. Wiley-IEEE Press.

- Milanovich, M., & Nesbit, S. M. (2014). A three-dimensional kinematic and kinetic study of the college-level female softball swing. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(1), 180–191. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24570623/>
- Miller, R. G., & Shay, C. T. (1964). Relationship of Reaction Time to the Speed of a Softball. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 35(3), 433–437. <https://doi.org/10.1080/10671188.1964.10613335>
- Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2013). *Stretching Anatomy*. Human Kinetics.
- Oshikawa, T., Morimoto, Y., & Kaneoka, K. (2018). Unilateral rotation in baseball fielder causes low back pain contralateral to the hitting side. *The Journal of Medical Investigation*, 65(1.2), 56–59. <https://doi.org/10.2152/jmi.65.56>
- Raja, N. J., Kee, K. M., Rohani, H., Maisarah, S., & Norizzati, I. (2016). Muscle activation in softball swing. *ISER 26th International Conference, March*, 38–42.
- Reyes, G. F., Dickin, C. D., Crusat, N. J., & Dolny, D. G. (2011). Whole-body vibration effects on the muscle activity of upper and lower body muscles during the baseball swing in recreational baseball hitters. *Sports Biomechanics*, 10(4), 280–293. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.629208>
- Shaffer, B., Jobe, F. W., Pink, M., & Perry, J. (1993). Baseball Batting: An Electromyographic Study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 292, 285–293. <https://doi.org/10.1097/00003086-199307000-00038>
- Süss, V. (2003). *Softball a baseball*. Grada.
- Süss, V., Carboch, J., & Pravečková, P. (2016). *Softball*. <http://web.ftvs.cuni.cz/eknihy/sportovnihry1/softball/index.php?c=3>
- Turker, H., & Sözen, H. (2013). Surface Electromyography in Sports and Exercise. In H. Turker (Ed.), *Electrodiagnosis in New Frontiers of Clinical Research* (pp. 175–194). InTech. <https://doi.org/10.5772/56167>
- Van Such, L. (2013). *Baseball swings mechanics: Identifying the movements and muscles of the baseball swing for exceptional hitting!* United States Copyright Office.
- Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Grada.

Welch, C. M., Banks, S. A., Cook, F. F., & Draovitch, P. (1995). Hitting a Baseball: A Biomechanical Description. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 22(5), 193–201. <https://doi.org/10.2519/jospt.1995.22.5.193>

World Baseball Softball Confederation. (2022). *Official Rules of Fast Pitch Softball 2022 - 2025*. <https://www.wbsc.org/en/documents/search?keyword=&category=276>

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření etické komise



Fakulta
tělesné kultury

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 22. 12. 2017 byl projekt výzkumné práce /základního výzkumu/

autor /hlavní řešitel/: **Mgr. Lukáš Ondra**
spoluřešitelé: **Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D., Doc. PhDr. Michal Lehnert, Ph.D.,
Mgr. Tereza Krakovská, Mgr. Martin Pella**

s názvem **Hodnocení úrovně nervosvalové koordinace u mladých sportovců**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **4 / 2018**
dne: **12. 1. 2018.**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz