

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Zapojení svalových skupin při specifických způsobech pohybu pod vodní
hladinou

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. David Vondrášek

Vypracoval:

Bc. Radek Matoušek

Praha, 2015

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis

Evidenční list

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

Jméno a příjmení: Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování

Rád bych touto cestou nejvíce poděkoval Mgr. Davidu Vondráškovi a Mgr. Radce Bačákové Ph. D., za velmi obětavé a trpělivé vedení, vstřícný postoj a cenné rady, kterých se ke mně v průběhu zpracovávání diplomové práce dostávalo.

Abstrakt

Název: Zapojení svalových skupin při specifických způsobech pohybu pod vodní hladinou

Cíle: Cílem diplomové práce je zjistit, které vybrané svalové skupiny či svaly dolních končetin se nejvíce zapojují do lokomoce při specifických způsobech pohybu potápěče s přístrojem pod vodní hladinou a zároveň porovnat, kolik procent z jednoho záběrového cyklu jsou aktivní právě měřené svaly a o kolik procent se jejich zapojení liší v jednotlivých specifických pohybech pod vodní hladinou.

Metody: Výzkum byl proveden sledováním povrchového měření EMG. Výzkumný soubor tvoří pět zkušených potápěčů. Výsledky jsou interpretované pomocí tabulek a sloupcových grafů prostřednictvím funkcí v Excelu.

Výsledky: Z výsledků vyplývá, že nejvíce zapojované svaly při MPK jsou rectus femoris (proband 1, 2), m. biceps femoris (proband 2, 4) a gluteus maximus (proband 3, 5). Při KK to je vastus lateralis (proband 3, 4, 5). V tabulce 4 lze dohledat, o kolik procent z jednoho záběrového cyklu, se svaly zapojovaly více, a zda to bylo u KK či MPK. Jde zde nalézt jisté interindividuální tendence, podobně jako v tabulce 5 a tabulce 6, které znázorňují procento, kdy sval vstupuje do záběrového cyklu a ukončuje svou činnost v záběrovém cyklu.

Klíčová slova: voda, ploutve, sval.

Abstract

- Title:** Involvement of muscle groups during specific ways of movement beneath the water surface
- Objectives:** The aim of the thesis is to find that selected muscle groups or leg muscles most involved in locomotion at specific ways to move the scuba diver under the water surface and also to compare the percentage of one intermeshing cycle are active muscles being measured, and what percentage of their involvement they vary from specific movements during the water surface.
- Method:** The research was conducted by monitoring surface EMG measurements. The research group consists of five experienced scuba divers. Results are interpreted using tables and bar graphs using the functions in Excel.
- Results:** The results show that most wiring muscles in modified breaststroke kick are rectus femoris (proband 1, 2), m. biceps femoris (proband 2, 4) and gluteus maximus (proband 3, 5). When freestyle kick It is vastus lateralis (proband 3, 4, 5). In Table 4, can be traced, the percentage of one intermeshing cycle will involve more muscles, and whether it was in freestyle kick and modified breaststroke kick. It is here to find some interindividual tendency as in Table 5 and Table 6, which show the percentage when the muscle enters into engagement cycle and terminating its activity in meshing cycle.
- Keywords:** water, fins, muscle.

OBSAH

1 ÚVOD	12
2 CÍL A ÚKOLY	13
3 TEORETICKÁ ČÁST	14
3.1 Specifické pohyby pod vodní hladinou	14
3.2 Vybavení pro přístrojové potápění	16
3.2.1 Maska	16
3.2.2 Ploutve	16
3.2.3 Dýchací přístroj	16
3.2.3 Kompenzátor vztlaku	16
3.3 Svaly dolních končetin	17
3.3.1 Musculi femoris, svaly stehna	19
3.4 Elektromyografie	26
3.4.1 Historie	27
3.4.2 Procedura	28
3.4.3 EMG zařízení	28
3.4.4 Elektrody pro EMG	28
3.4.5 Elektrické charakteristiky	30
3.4.6 Faktory ovlivňující elektromyografický signál	30
3.4.7 Práce zabývající se aktivitou svalů DK ve vodním prostředí	31
3.5 Protiproudý bazén – flum	32
3.6 Přístrojové potápění	33
4 METODIKA PRÁCE	36
4.1 Charakter výzkumu	36
4.2 Použité metody a přístroje	36
4.3 Organizace výzkumu	36
4.4 Charakteristika měřeného souboru	37
5 VÝSLEDKY	38
6 DISKUZE	66
6.1 Diskuze k naměřeným výsledkům	66
6.2 Diskuze k využití EMG ve sportu	66
6.3 Diskuze k využití naměřených výsledků	66
7 ZÁVĚR	67
8 PŘEHLED POUŽITÝCH ZDROJŮ	68

Seznam obrázků

Obrázek 1 Multielektrodový EMG grid (Wikipedia, 2014).....	29
Obrázek 2 -grafické znázornění zapojení svalů při KK u P1	51
Obrázek 3 -grafické znázornění zapojení svalů při KK u P2	51
Obrázek 4 - grafické znázornění zapojení svalů při KK u P3	52
Obrázek 5 - grafické znázornění zapojení svalů při KK u P4	52
Obrázek 6 - grafické znázornění zapojení svalů při KK u P5	53
Obrázek 7 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P1	53
Obrázek 8 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P2	54
Obrázek 9 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P3	54
Obrázek 10 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P4	55
Obrázek 11 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P5	55
Obrázek 12 - P1, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů	56
Obrázek 13- P1, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů	56
Obrázek 14- P2, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů	57
Obrázek 15 - P2, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů	57
Obrázek 16 - P3, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů	58
Obrázek 17 - P3, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů	58
Obrázek 18 - P4, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů	59
Obrázek 19 – P4, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů.....	59
Obrázek 20 – P5, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů.....	60
Obrázek 21 – P5, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů.....	60
Obrázek 22 - P1, KK, grafické znázornění zapojení svalů	61
Obrázek 23 - P1, MPK, grafické znázornění zapojení svalů.....	61
Obrázek 24 - P2, KK, grafické znázornění zapojení svalů	62

Obrázek 25 - P2, MPK, grafické znázornění zapojení svalů.....	62
Obrázek 26 - P3, KK, grafické znázornění zapojení svalů	63
Obrázek 27 - P3, MPK, grafické znázornění zapojení svalů.....	63
Obrázek 28 - P4, KK, grafické znázornění zapojení svalů	64
Obrázek 29 - P4, MPK, grafické znázornění zapojení svalů.....	64
Obrázek 30 - P5, KK, grafické znázornění zapojení svalů	65
Obrázek 31 - P5, MPK, grafické znázornění zapojení svalů.....	65

Seznam tabulek

Tabulka 1 Průměrná svalová činnost při plavání kraulem jako podíl relativní maximální izometrické kontrakce - počet vrcholů a podíl svalové intenzity u závodních a nezávodních plavců (Clarys, 1988):.....	17
Tabulka 2 znázorňuje, kolik procent z jednoho pohybového cyklu byl sval zapojen při KK	38
Tabulka 3 - znázorňuje, kolik procent z jednoho pohybového cyklu byl sval zapojen při MPK.....	39
Tabulka 4 - znázorňuje, u kterého způsobu se sval zapojoval více a o kolik procent. Údaje jsou v procentech. K – kraulový kop, P- modifikovaný prsový kop.....	40
Tabulka 5 -začátek a konec zapojení svalů při kraulovém kopu, výsledky jsou v procentech. Z-začátek zapojení svalů, K- konec zapojení svalů, P-proband.....	47
Tabulka 6 -začátek a konec zapojení svalů při modifikovaném prsovém kopu, výsledky jsou v procentech. Z-začátek zapojení svalů, K- konec zapojení svalů	48

Seznam zkratek

BF – musculus biceps femoris

DK - dolní končetiny

EMG – elektromyografie

G – musculus gluteus maximus

GLP – musculus gastrocnemius – lateral part

GMP – musculus gastrocnemius - medial part

KK – kraulový kop

L - levý

m. – musculus

MPK – modifikovaný prsový kop

P – proband

RF – rectus femoris

T – musculus tibialis anterior

VL – vastus lateralis

VM – vastus medialis

1 ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá zapojením svalů při specifických pohybech pod vodní hladinou na dolních končetinách u přístrojových potápěčů. V teoretické části jsou popsány teoretická východiska potřebná pro pochopení dané problematiky a potažmo k účelnému zpracování výzkumné části diplomové práce.

Přístrojové potápění je velmi rozšířený sport. Ačkoliv se to na první pohled nemusí zdát, je nebezpečné. Nebezpečí se může skrývat jak v technických problémech, tak i v problémech fyzických. Potápěči eliminují tato rizika důslednou přípravou před ponorem. Tato diplomová práce by měla sloužit jako odrazový můstek pro zkvalitnění kondiční přípravy pro přístrojové potápění, aby potápěči přesně věděli, na které svaly se soustředit více při kondiční přípravě.

2 CÍL A ÚKOLY

Cílem diplomové práce je zjistit, které vybrané svalové skupiny či svaly dolních končetin se nejvíce zapojují do lokomoce při specifických způsobech pohybu potápěče s přístrojem pod vodní hladinou a zároveň porovnat, kolik procent z jednoho záběrového cyklu jsou aktivní právě měřené svaly a o kolik procent se jejich zapojení liší v jednotlivých specifických pohybech pod vodní hladinou.

Výzkum byl proveden sledováním povrchového měření EMG. Výzkumný soubor tvoří pět zkušených potápěčů. Výsledky jsou interpretované pomocí tabulek a sloupcových grafů prostřednictvím funkcí v Excelu.

3 TEORETICKÁ ČÁST

Obsahem této části jsou teoretická východiska potřebná pro pochopení dané problematiky a potažmo k účelnému zpracování výzkumné části diplomové práce. Mezi stěžejní kapitoly teoretické části patří popsání specifických pohybů pod vodní hladinou, vybavení potápěčů, zkoumaných svalů, elektromyografie a flumu.

3.1 Specifické pohyby pod vodní hladinou

Při vlastním ponoru se nejvíce zapojují do lokomoce dolní končetiny. Jedná se o silově vytrvalostní zátěž. Pohyb vpřed je tvořen propulzní silou (síla potřebná k překonání odporu vody) dolních končetin. Síla dolních končetin je zapotřebí zejména při ponorech v proudu, při jejich překonávání, neboť ponor začíná směrem proti proudu. Nejvíce se využívají techniky kraulového kopu a techniky žabího kopu tzv. modifikovaný prsový kop. Pohyb dolních končetin při kraulovém kopu lze charakterizovat jako střídavé vlnivé kmitání, pohyb vychází z kyčelního kloubu, kolenní kloub není v pohybu aktivní, v hlezenním kloubu je pohyb prováděn v maximálním rozsahu (Čechovská, 2008).

Pohyby dolních končetin při provádění modifikovaném prsového záběru jsou současné a symetrické, pohyb je možno rozdělit na fázi přípravnou, záběrovou a splývání, v průběhu přípravné fáze se nohy ohýbají v kolenou (Čechovská, 2008). V záběrové fázi směřují chodidla a bérce vzad a do stran, záběrová fáze končí snožením, chodidla se uvolní, následuje splývání, jehož délka je úměrná intenzitě plavání (Čechovská, 2008). Záběrová plocha u modifikovaného prsového kopu je na rozdíl od prsového kopu na spodní straně ploutví (chodidel), kolena nemohou být tak u sebe jako u prsového kopu, proto je při modifikovaném kopu důležitý pohybový rozsah. Dle magazínu *Divernet* se kraulový kop používá při pohybu na hladině, při výstupu k hladině, při plavání v proudu. Prsový kop se používá v blízkosti dna a mořských živočichů, v uzavřených prostorech (*divernet*, 2015).

Fáze záběru kraulového kopu začíná stabilizací středu. Aktivované břicho tvoří základnu, od které se odvíjí síla dolních končetin. Samotný kop začíná mírnou extenzí v kyčlích. Z této pozice ji bedrokyčelní a přímý stehenní sval převedou do flexe. Přímý stehenní sval zároveň způsobí extenzi v koleni, k níž mu pomáhají ostatní části

čtyřhlavého stehenního svalu, které se aktivují krátce po něm. Zapojení celého čtyřhlavého stehenního svalu zvyšuje sílu kopu. Všechny tyto svaly zůstávají aktivní po celou fázi záběru. Přední a zadní holenní sval udržují chodidlo v mírné inverzi a trojhlavý lýtkový sval v plantární flexi. Při fázi odpočinku končí práce flexorů kyčle, kyčel se dostává do extenze, pracují hamstringy a velký hýžd'ový sval. (McLeod, 2014)

Začátek záběru u prsou je v situaci, kdy jsou od sebe chodidla 20 až 25 cm vzdálena a kolena i kyčle jsou ve flexi, V této pozici napínač stehenní povázky a malý hýžd'ový sval rotují kyčlemi dovnitř a abdukují je, což vede k roztažení dolních končetin. Jakmile se od sebe začnou oddalovat kotníky, zapojuje se dvojhlavý stehenní sval, který způsobí vnější rotaci, čímž se od sebe kotníky oddálí ještě víc. Ve stejném okamžiku se připojují lýtkové svaly a provedou everzi chodidla. Z této pozice dolní končetiny zaberou dozadu. Pohyb se uskuteční díky práci velkého hýžd'ového svalu, který rychle natáhne kyčelní kloub, a čtyřhlavého stehenního svalu, jenž udělá totéž v kloubu kolenním. Silné adduktory přitáhnou dolní končetiny zpět k ose těla. Na bérci se aktivuje přední a zadní holenní sval a trojhlavý lýtkový sval a převedou chodidlo do plantární flexe a inverze. Takto je končetina připravena na odpočinkovou fázi, kdy se zapojuje přímý stehenní a bedrokyčelní svaly. Tyto svaly ohýbají kyčel a hamstringy ohýbají koleno. (McLeod, 2014)

Sportovní techniku obecně chápeme jako účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možnostmi jedince, s biomechanickými zákonitostmi pohybu a uskutečňuje se na základě neurofyzilogických mechanismů řízení pohybu. Využívají se při tom i další předpoklady sportovce, především kondiční, somatické i psychické. (Dovalil, 2002)

Při řešení pohybového úkolu člověk využívá svého pohybového aparátu v souladu se zákony mechaniky a veškeré jeho pohyby nesmějí být v rozporu s požadavky sportovních pravidel. Plavecký způsob je definován a stanoven pravidly. Plavecký styl je individuální zvládnutí techniky daného plaveckého způsobu, kde se projeví specifické předpoklady plavce. (Hofer, 2003)

3.2 Vybavení pro přístrojové potápění

3.2.1 MASKA

Potápěčská maska musí splňovat následující požadavky: Umožnit světelným paprskům průchod vrstvou vzduchu před dopadem na povrch oka, zakrýt nos, aby potápěč při sestupu mohl vyrovnávat tlak v masce a ve středouší s tlakem okolí. (Dvořáková, 2005)

3.2.2 PLOUTVE

Ploutve představují pro potápěče hlavní prostředek pohybu jak na hladině, tak pod vodou. Celkový tvar listu, vybavený hydrodynamickými kanály, podélné rýhování i případné další úpravy sledují dosažení optimálního obtékání ploutve vodou. (Dvořáková, 2005)

Pro tuto diplomovou práci byly použity ploutve JET FIN SCUBAPRO s pružinami Jet Fin XL, jejichž konstrukční otvory snižují odpor vody při pohybech vzhůru a dolů.

3.2.3 DÝCHACÍ PŘÍSTROJ

Dýchací přístroj je zařízení, které dodává pod vodou vzduch do plic potápěče. Musí zabezpečit shodný tlak dýchacího média s tlakem okolí a spolehlivý odvod oxidu uhličitého. Obě tyto podmínky splňuje plicní automatika, která je připojena k zásobníku vzduchu na zádech potápěče. (Dvořáková, 2005)

3.2.3 KOMPENZÁTOR VZTLAKU

Kompenzátor vztlaku je zařízení podobné vestě. Připouštěním vzduchu zvětšuje svůj objem a upouštěním vzduchu jej opět zmenšuje. Tím potápěči umožňuje řídit vztlak v každé fázi ponoru. Kompenzátory vztlaku označujeme jako žakety. (Dvořáková, 2005)

3.3 Svaly dolních končetin

Dle Culkové (2008) se během záběru dolních končetin zapojují tyto svaly.

Dolní končetiny - záběr - kopnutí:

- kyčel - flexe: m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. pectineus
- extenze v koleni: m. quadriceps femoris (+ fixace hemstringy)
- následuje extenze v kyčli: m. gluteus maximus, m. biceps femoris (caput longum), m. semitendinosus, m. semimembranosus
- mírná flexe v koleni - setrvačnost + m. biceps femoris, m. semitendinosus, semimembranosus
- hlezenní kloub – pasivně - uvolněný (Čihák, 2011).

Dále označuje Culková (2008) m. quadriceps femoris jako nejvíce zatěžovaný sval dolních končetin při kraulovém kopu.

Tabulka 1 Průměrná svalová činnost při plavání kraulem jako podíl relativní maximální izometrické kontrakce - počet vrcholů a podíl svalové intenzity u závodních a nezávodních plavců (Clarys, 1988):

SVĀL	Nejčastější počet kontrakcí	% svalové činnosti/cyklů u závodních plavců	% svalové činnosti/cyklů u nezávodních plavců
Velký sval hýžd'ový-horní část	2	79,52	41,40
Velký sval hýžd'ový-dolní část	2	122,41	31,18
Přímý sval stehenní	2	21,61	24,57
Sval pološlašitý	2	18,53	36,57
Dvojhlavý sval stehenní	-	-	32,50
Přední sval holenní	-	-	22,70
Trojhlavý sval lýtkový-postranní hlava	2	19,13	36,13

Rozkročný švih u prsového kopu u plavce, při kterém dochází k vnitřní rotaci stehna a vnější rotaci bérce, zabezpečuje m. biceps femoris. Extenzi nohy provádí m. tibialis anterior a v druhé fázi pohybu, kdy nastupuje extenze kyčelních a kolenních kloubů, dochází k zapojení m. gluteus maximus, mm. ischiocrurales a m. quadriceps femoris. Flexi nohy provádí m. triceps surae. Pro pohyb dolních končetin u kraulu jsou nejdůležitější flexory a extenzory kyčle. (Tělesná výchova.studentske, 2015)

Při nesprávně prováděné technice může dojít k tzv. prsařskému kolenu, kdy se toto zranění projevuje bolestí na vnitřní straně kolene. Jde o zánětlivou reakci především vnitřního postranního vazy a vazů patelo-femorálního spojení, případně vnitřního menisku v důsledku nadměrného namáhání vbočením kolene. Příčinami je opět instabilita kolene a nesprávná technika kopu – nadměrná abdukce stehna při přitahování nohou. Prevence spočívá zejména v nácviku správné techniky pohybu, protahování ohybačů kolen na zadní straně stehna a izometrické posilování quadriceps femoris. (Tělesná výchova.studentske, 2015)

Hlavní funkcí dolních končetin je stoj a chůze. Tomu odpovídá i specifické anatomické uspořádání dolních a horních končetin, když obecný stavební plán končetin je stejný. Stabilita těla je zabezpečena především koncentrací největší svalové hmoty těla kolem kyčelního kloubu. Stabilní lokomoční aktivitu zajišťuje mohutný extenční aparát kolenního kloubu a omezená pohyblivost nohy se zachovanou pružností kleneb. (Dylevský, 2009)

Svaly dolních končetin jsou velmi mohutné všude tam, kde je slabý vazivový aparát kloubů a kde je nutné vytvořit brzdící systém, který by zabránil přetížení kloubu. Např. adduktory kyčelního kloubu jsou o polovinu silnější než abduktory a zevní rotátory jsou v kyčli schopné vyvinout třikrát větší sílu než vnitřní rotátory. Také extenzorové svaly skupiny kyčelního a kolenního kloubu jsou mnohem silnější než flexorové skupiny. (Dylevský, 2009)

Síla dolních končetin je nezbytnou dílčí součástí k dosažení dobrého plaveckého výkonu. Dolní končetiny jsou často přehlíženou součástí kinematického řetězce celého těla. Vyvažují pohyb trupu a horních končetin a přispívají hydrodynamice celého těla. (McLeod, 2014)

Nejčastější problémy se svaly během ponoru jsou křeče. Dostavují se při stahu svalů jako důsledek dehydratace a abnormalit v obsahu solí v krvi. To může být způsobeno přílišnou námahou svalu, chladem, únavou, nedostatečnou výživou a špatným zdravotním stavem. Nápor většinou začíná bodavou bolestí postiženého svalu. Úlevy lze docílit dočasným nepoužíváním postiženého svalu a jeho natažením a masírováním. (Mountain, 1998)

Další problémy se svaly je muskuloskeletární forma dekompresní nemoci. Dominantním příznakem jsou bolesti svalů a kloubů. Intenzita atralgií, někdy migrujících, kolísá od pocitu tlaku a plnosti kloubu, přes tupé bolesti až po zničující hlubokou bolest v postiženém kloubu na hranici individuální tolerance, za vzniku šokového stavu u postiženého subjektu. Ve svalech vznikají mikrobubliny inertního plynu nejčastěji mechanismem tribonukleace ve svalovém intersticiu a ve svalových fasciích, kde svým tlakem a objemem iritují nervová zakončení, někdy až do stádia krutých polymyaglií s ojedinělým výskytem rbdomyolýzy. V závažnějších případech muskuloskeletární formy dekompresní nemoci I. typu je nezbytná léčebná dekomprese, bolesti svalů a kloubů mohou přetrvávat v mírnější formě i několik dní po jejím ukončení. (Novomeský, 2013)

3.3.1 MUSCULI FEMORIS, SVALY STEHNA

vytvářejí tři skupiny: ventrální, mediální a dorsální. Ventrální skupina obsahuje: m. sartorius a m. quadriceps femoris hlavní sval skupiny, m. quadriceps femoris, je mohutný extensor kolena. Inervace přední skupiny přichází z n. femoralis. Mediální skupina obsahuje: adduktory stehna; tyto svaly nepůsobí na kolenní kloub. Inervace: n. obturatorius a n. ischiadicus. Dorsální skupina obsahuje: flexory kolenního kloubu, které jsou současně pomocnými extensory kloubu kyčelního. (Čihák, 2011)

Ventrální skupina svalů stehna obsahuje m. sartorius a m. quadriceps femoris. M. sartorius a dlouhá hlava m. quadriceps femoris, zvaná m. rectus femoris, jsou dvoukloubové svaly, působící hlavní funkcí na kolenní kloub, pomocně na kloub kyčelní. Tři další hlavy m. quadriceps začínají na kosti stehenní, a proto působí už jen na kolenní kloub (extensory). Zvláštností obou postranních hlav m. quadriceps (m. vastus medialis a m. vastus lateralis) je, že začínají až vzadu na femuru, na labium mediale et laterale lineae asperae, a obalují téměř úplně femur. Úpony a začátky svalů

ostatních skupin jsou proto omezeny jen na volná místa kosti, tj. na obě labia lineae asperae v sousedství začátků obou mm. Vasti. (Čihák, 2011)

M. quadriceps femoris je mohutný sval, který obaluje téměř celou stehenní kost. Má čtyři hlavy: m. rectus femoris, m. vastus lateralis, m. vastus medialis a m. vastus intermedius. Přímý stehenní sval je dlouhý vřetenovitý sval reprezentující v komplexu čtyřhlavého svalu poměrně samostatnou jednotku. Začíná jednou šlachou od piny iliaca anterior inferior, druhou pak od horního okraje jamky kyčelního kloubu. Ke společné úponové šlaše probíhá mezi m. vastus lateralis et medialis, přičemž kryje m. vastus intermedius. Všechna čtyři bříška sestupují tak, že uprostřed je m. rectus a po jeho stranách je m. vastus lateralis et medialis. M. vastus intermedius je uložen pod nimi. Asi 15 cm na patellou přechází svalová bříška ve společnou trojúhelníkovou šlachu. Šlacha se upevňuje na bázi a na boční strany čéšky a jako lig. Patellae se upíná na tuberositas tibiae. Hluboké snopce m. vastus intermedius se fixují i do pouzdra kolenního kloubu jako m. articularis genu. Hlavní funkcí celého svalu je extenze v kolenním kloubu – čtyřhlavý sval vlastně působí proti hmotnosti celého těla. M. rectus femoris také flektuje kyčelní kloub. M. quadriceps femoris je důležitý především pro chůzi. Mn. Vasti stabilizují kolenní kloub a m. rectus femoris provádí synchronizovanou flexi v kyčli a extenzi vyvolané kontrakcí m. quadriceps femoris se posouvá patellaproximálně a laterálně. Opravu laterálního posunu čéšky zajišťuje m. vastus medialis, který přetahuje čéšku do střední polohy a spolu s m. vastus lateralis optimalizuje její polohu. Čtyřhlavý stehenní sval se aktivuje především při chůzi v nervovém terénu. Při prostém stoji je aktivizován jen málo a stoj zabezpečují distálně uložené svaly. Inervuje se n. femoralis. (Dylevský, 2009)

Mediální skupina svalů stehna souborně funguje jako adduktory stehna. Svaly mediální skupiny začínají na os coxae v zóně spirálovitě obklápějící foramen obturatum na zevní straně os coxae, postupně až na membránu obturatoria a přilehlou kost. Do skupiny patří tyto svaly - v pořadí podle začátků na os coxae a současně od povrchu do hloubky ve skupině: m. pectineus - začátek od pecten ossis pubis, m. adductor longus a m. gracilis - začátek při symfyse, m. adductor brevis - začátek za oběma předchozími, m. adductor magnus - začátek od dolního okraje os coxae až po tuber ischiadicum – a m. obturatorius externus - začátek od membrány obturatoria a přilehlé kosti. (Čihák, 2011)

Protože se většina svalů této skupiny upíná na zadní stranu femuru na labium mediale lineae asperae, působí (s výjimkou m. gracilis) též zevní rotaci kyčelního kloubu. Inervace celé skupiny přichází cestou n. obturatorius (z plexus lumbalis); dva svaly (nejventrálnější a nejdorsálnější) jsou diploneurální: m. pectineus má ještě větev z n. femoralis (od ventrální skupiny svalů) a ta bývá často větví hlavní; m. adductor magnus dostává ještě inervaci z n. ischiadicus (ze zadní skupiny svalů) do té své části, která začíná na tuber ischiadicum spolu se svaly zadní skupiny. Kořenová inervace svalů mediální skupiny je z L2-L4. (Čihák, 2011)

Dorsální skupina svalů stehna obsahuje tři svaly: m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus. Všechny tři svaly (biceps dlouhou hlavou) začínají na tuber ischiadicum a upínají se pod kolenním kloubem, na laterální straně (m. biceps femoris) a na mediální straně (m. semitendinosus a m. semimembranosus). Všechny tři jsou tedy dvoukloubové svaly, působící flexi kloubu kolenního a pomocnou extensi kloubu kyčelního. (Čihák, 2011)

Musculus biceps femoris, dvojhavý sval stehenní, začíná dvěma hlavami: caput longum, dlouhá hlava, a caput breve, krátká hlava, se spojují ve společné břicho, jdoucí na zevní stranu kolenního kloubu, kde sval přechází v úponovou šlachu. Začátek svalu: Caput longum - tuber ischiadicum, Caput breve - labium laterale lineae asperae, v rozsahu její střední třetiny. Mezi začáteční šlachou svalu a kostí může být bursa subíndinea musculi bicipitis femoris superior. Úpon svalu: Caput fibulae. (Za úponovou šlachou paralelně s ní probíhá n. fibularis communis.) Při úponu svalu může být bursa subtendinea musculi bicipitis femoris inferior. Funkce: flexe kolenního kloubu, zevní rotace bérce při flektovaném kolenu. Inervace | N. ischiadicus (při vysokém štěpení n. ischiadicus je caput longus inervováno z n. tibialis - kořenová inervace z L5 - S2 - a caput breve z n. fibularis communis - kořenová inervace z L5 - S1, event. i z L4 a S2). (Čihák, 2011)

Svaly bérce vytvářejí *tři skupiny*, které jsou v osteofasciálních prostorech, rozdělených septy. Svaly přední skupiny jsou funkčně extensory prstů nohy a supinátory nohy. Inervace - n. fibularis profundus. Svaly laterální skupiny - musculi fibulares – jsou funkčně pronátory a pomocné flexory nohy. Inervace - n. fibularis superficialis. Svaly zadní skupiny jsou funkčně flexory nohy a prstů. Inervace — n. tibialis. Přední skupina svalů zahrnuje tři svaly: m. tibialis anterior, m. extensor

digitorum longus a m. extensor hallucis longus. Na bérce jsou uloženy vpředu, laterálně od přední hrany tibie. M. tibialis anterior je uložen nejmediálněji, takže začíná převážně od tibie. M. extensor digitorum longus je laterálně, takže od tibie začíná jen v proximální části, kde je tibie široká a distálněji začíná od fibuly. M. extensor hallucis longus začíná mezi oběma předchozími svaly v hloubce na fibule a mezi oběma svaly se v distální části bérce vpředu vynořuje. Všechny tři svaly začínají též od přilehlých úseků membrána interossea. V distální části bérce přecházejí v dlouhé šlachy, které jdou k úponům. Inervace: n. fibularis profundus. Na přechodu bérce ve hřbet nohy jsou šlachy svalů přidržovány ke skeletnímu podkladu zesílenými pruhy bérce fascie, šikmo a napříč probíhajícími od tibie a fibuly. Jsou to: 1. retinaculum museu loni m extensorum superius - příčný pruh nad kotníky, od tibie k fibule; 2. retinaculum musciilornm extensorum inferius, jdoucí dvěma pruhy - od vnitřního a zevního kotníku šikmo přes hřbet nohy k druhostrannému okraji skeletu nohy (tarsu). Oba pruhy se před talokrurálním kloubem kříží, proto dřívější název ligamentum cruciforme pedis. Šlachy mají pod retinaculum musculorum extensorum inferius svoje typické průchody a jsou tam opatřeny šlachovými pochvami. (Čihák, 2011)

Musculus tialis anterior je mohutný a dlouhý sval ležící na mediálním okraji svalů přední skupiny bérce. Přední holenní sval začíná od zevního kondylu holenní kosti, zevní plochy tibie a od mezikostní blány. Široká a silná šlacha podbíhá extenzorové poutko (zesílená partie bérce fascie) a upíná se na spodní ploše mediální klínové kosti a na prvním metatarsu. M. tibialis naterior provádí dorzální flexi a inverzi nohy. Udržuje podélnou klenbu nohy. Maximálně je aktivován při chůzi. M tibialis anterior je inervován n. peroneus profundus. (Dylevský, 2009)

Musculus fibularis longus, dlouhý sval lýtkový, probíhá dlouhou šlachou pod retinakuly (viz výše) na zevní okraj nohy, do žlábků na os cuboideum a dále po plantární straně skeletu nohy k úponu m. tibialis anterior. Začátek svalu: laterální strana hlavičky fibuly a proximální polovina laterální plochy těla fibuly. Úpon svalu: plantární strana os cuneiforme mediale a baze I. metatarsu. Za průběhu šlachy ve žlábků os cuboideum, zejména v místě ohybu do planty, bývá ve šlaše m. fibularis longus uzal chondroidní tkáň nebo vazivové chrupavky, popřípadě sesamská kůstka. Funkce: pronace nohy (zdvížením zevního okraje nohy). Pomocná plantární flexe a abdukce

nohy. Spolu s m. tibialis anterior udržuje klenbu nohy. Inervace: N. fibularis superficialis; kořenová inervace z L5 - S1. (Čihák, 2011)

Musculus fibularis brevis, krátký sval lýtkový, probíhá pod m. fibularis longus, spolu s ním a zčásti jím kryt, za zevní kotník a dále poutky na zevní straně kalkaneu k úponu. Začátek svalu: distální polovina laterální plochy těla fibuly. Úpon svalu: Tuberositas ossis metatarsi quinti. Funkce: pronace nohy (zdvižením zevního okraje). Pomocná plantární flexe nohy a abdukce nohy. Inervace: N. fibularis superficialis; kořenová inervace z L5 a S1. (Čihák, 2011)

V zadní skupině svalů bérce se rozlišuje povrchová vrstva a hluboká vrstva svalů. Obě vrstvy jsou odděleny přídatným mezisvalovým septem, které jde od tibie k zadnímu ostcofasciálnímu septu fibuly. Povrchová vrstva zadní skupiny obsahuje musculus triceps surae, trojhlavý sval lýtkový, a musculus plantaris, rudimentární sval, vsunutý mezi dvě vrstvy m. triceps surae. M. triceps surae má tři hlavy; jeho povrchový komplex se dvěma hlavami a hluboká složka se označují jako svaly: m. gastrocnemius — na povrchu - začíná dvěma hlavami nad kolenním kloubem, na horních okrajích kondylů femuru; m. soleus- kryt předchozím - začíná pod kolenním kloubem od hlavice fibuly a od tibie. Celý sval spolu s m. plantaris se upíná na tuber calcanei. Hluboká vrstva zadní skupiny obsahuje musculus popliteus, sval funkčně patřící ke kloubu kolennímu; začíná v jamce na zevním okraji laterálního kondylů femuru a jde šikmo mediodistálně na tibi; dále musculus tibialis posterior, musculus flexor digitorum longus a musculus flexor hallucis longus - tři svaly ovládající klouby nohy; začínají od obou bérceových kostí a od membrána interossea. Na kostře jsou tyto svaly uloženy tak, že uprostřed je m. tibialis posterior a oba flexory stojí obráceně: flexor prstů je za tibií, flexor palce je za fibulou. Za sestupu k úponu si svaly vyměňují místa, tedy vzájemně se kříží, a to vždy ve směru vnitřní rotace; ještě na bérce se kříží m. tibialis posterior s m. flexor digitorum longus; m. flexor digitorum longus a m. flexor hallucis longus se navzájem kříží až v plantě a míří pak ke svým prstům. Inervace celé skupiny přichází ZJJ. tibialis; kořenový rozsah L4-S2 (v hluboké vrstvě do S1). (Čihák, 2011)

Musculus triceps surae, trojhlavý sval lýtkový, má tři hlavní složky. Povrchová složka trojhlavého svalu je musculus gastrocnemius, s dvěma hlavami - caput mediale a caput laterale. Začátek svalu: horní okraje obou kondylů femuru. Obě hlavy vytvářejí bříška patrná na reliéfu lýtku (vnitřní bříško dosahuje distálněji); obě hlavy distálně

přecházejí v mohutnou šlachu - tendo calcaneus (tendo Achillis), upnutou na tuber calcanei. V začáteční šlaše caput laterale je asi v 21 % případů sesamská kůstka - fabella. Ve šlaše caput mediale se vyskytuje vzácněji. Současně vpravo i vlevo se fabella vyskytuje ve 4 % případů. Třetí, hluboká složka trojhlavého svaluje musculus soleus. Začátek svalu Hlavice fibuly a linea musculi solei tibie; oba začátky jsou spojeny šlašitým obloukem, arcus tendineus musculi solei, pod kterým ze zákolenní jámy na zadní stranu bérce (mezi povrchovou a hlubokou vrstvou svalů) probíhají a. tibialis posteriori a n. tibialis. Mohutné svalové bříško m. soleus se připojuje do Achillovy šlachy. Mezi m. gastrocnemius a m. soleus je vložen musculus plantaris - rudimentární sval začínající při facies poplitea femuru, s dlouhou a tenkou úponovou šlachou, která doprovází laterální hlavu m. gastrocnemius, pak přechází na mediální stranu m. soleus a upíná se spolu s Achillovou šlachou. Úpon svalu: celý m. triceps surae: Achillovou šlachou na tuber calcanei - sval se upíná až na dolní konec zadní plochy tuber; mezi šlachou a tuber je vždy bursa tendinis calcanei; v podkoží na tuber je bursa subcutanea calcanea. Mezi Achillovou šlachou a šlachami svalů hluboké vrstvy je nad patní kostí prostor vyplněný řídkým vazivem, zvenci hmatný jako vkleslina. Funkce: sval jako celek: plantární flexe nohy. M. gastrocnemius: pomocná flexe kolena. M. triceps surae zdvíhá tělo při chůzi, udržuje správnou pozici bérce vůči noze (posturální sval). Inervace: n. tibialis; kořenová inervace z L5-S3 (event. též z L4). (Čihák, 2011)

Musculi glutei svaly hýžd'ové, začínají na vnější straně lopaty kyčelní; největší z nich: m. gluteus maximus, začíná též mimo plochu lopaty kyčelní, od kosti křížové a kostrče, a na lopatě vzadu; m. gluteus medius, hlubší, začíná z velkého rozsahu kraniálně, na lopatě kyčelní; m. gluteus minimus, hluboký sval, začíná ze střední části lopaty kyčelní; m. tensor fasciae latae začíná vpředu, při spina iliaca anterior superior. Upínají se do oblasti velkého trochanteru femuru; m. tensor fasciae latae se upíná do fasciálního tractus iliotibialis. Funkčně jsou to abduktory, rotátory a extensory kyčelního kloubu. M. tensor fasciae latae patří do této skupiny vývojově (je to vlastně m. gluteus ventralis); funkcí je to pomocný flexor kyčelního kloubu a pomocný extensor kloubu kolenního. Inervace přichází z plexus sacralis cestou n. gluteus inferior (pro m. gluteus maximus) a cestou n. gluteus superior (pro ostatní svaly). (Kořenová inervace přichází z L4-S2.) (Čihák, 2011)

M. tensor fasciae latae se podle inervace řadí k hýžd'ovým svalům, ačkoliv je od nich posunut značně ventrálně. Napínač stehenní fascie začíná na spina iliaca anterior superior, sestupuje laterodistálně a upíná se na zevní ploše stehna do zesíleného pruhu stehenní fascie. M tensor fascie latae napíná zevní plochu stehenní fascie a tím přispívá extenzi kolenního do kloubu ve vzpřímeném stoji. Účastní se flexe, abdukce a slabé vnitřní rotace stehnav kyčelním kloubu. Tenzor je funkčně blížký m. gluteus medius. M.tensor fascie latae je inervován glutaeus superior. (Dylevský, 2009)

3.4 Elektromyografie

Zkoumání zapojování svalů při modifikovaném prsovém a kraulovém kopu bude probíhat za pomoci elektromyografu.

Elektromyografie (EMG) je elektrofyziologická technika napomáhající hodnocení funkčního stavu motorického systému pomocí snímání akčního potenciálu aktivních motorických jednotek. Zabývá se detekcí, analýzou a využitím elektrického signálu vydávaného kontrakcí svalových vláken (De Luca, 1997).

Akční potenciál je změna napětí, která se šíří dle zákona vše-nebo-nic v jednotlivém nervu nebo po membráně svalové buňky (Deschel, 1999). Je vyvolán vzruchem probíhajícím nervovým vláknem, který provádí depolarizaci buněčné membrány svalového vlákna. Akční potenciál spouští proces kontrakce motorické jednotky. Zákon „vše nebo nic“ probíhající na motoneuronu vysvětluje Véle (2006) na logickém součinu: $A * B * C = X$. Znamená to, že na vyvolání podráždění, které se projeví záškubem svalů, je nutné podráždění všech vstupních synapsí, pouze za tohoto předpokladu bude překročen práh dráždivosti (Guyton, 2006; Véle, 2006).

Přístroj, pomocí něhož se měří EMG, se nazývá elektromyograf (Keller, 1999).

3. 4. 1 HISTORIE

Počátky elektromyografie stejně tak jako kineziologie jsou spojovány s renesancí a jejím nejznámějším představitelem Leonardo da Vinci, který bývá často nazýván i prvním kineziologem. Zmínky o souvislostech mezi elektřinou a svalovou činností pocházejí ze 17. století, kdy Jan Swammerdam demonstroval reakci svalového preparátu při dotyku stříbrným drátkem. Roku 1668 publikoval Francesco Redi svojí úvahu o elektrických výbojích mořského úhoře a jejich spojitosti s činností svaloviny. V 70. letech 18. století popsal italský lékař Luigi Galvani jednoznačný vztah mezi svalovou kontrakcí a elektřinou. (Krobot, 2011)

První detekci elektrické odpovědi při kontrakci svalu zaznamenal v roce 1838 Matteucci. Kolem roku 1850 zkoumal Helmholtz rychlost vedení nervem na zvířeti a pak i u lidí. Počátek elektromyografie se však datuje do roku 1851, kdy Du-BoisReymond použil jako registrační elektrody baňky s elektrolytem a registroval elektrickou odpověď ze svalu při volní kontrakci. Na přelomu století registroval Piper volní svalovou aktivitu jako opakované AP a elektromyografie se dále zdokonalovala, snímání akčních potenciálů bylo rozšířeno i na senzitivní systém (Cram, 2003; Dufek, 1995).

Ve 40. letech minulého století nastal velký rozvoj elektrofyziologie, čehož je důkazem i udělování Nobelových cen v tomto oboru. Bylo objeveno, že buněčná membrána je nositelem elektrické náboje, ale že je schopna tento potenciál i přechodně změnit. A právě tato změna lze EMG zaznamenat. O další zdokonalování se zasloužili pánové Adrian, Erlanger, Gasser a další. Proto se v roce 1961 mohl konat 1. Mezinárodní elektromyografický kongres v Itálii (Cram, 2003; Dufek, 1995). Ze současných elektrofyziologů je nejvýraznější osobností Carl De Luca (Krobot, 2011).

3.4.2 PROCEDURA

EMG se často provádí při současné stimulaci příslušných motorických a periferních nervů. Samotné snímání lze provádět invazivně i neinvazivně, na úrovni jediného svalového vlákna, jedné motorické jednotky i celého svalu. (Penhaker, 2004)

3.4.3 EMG ZAŘÍZENÍ

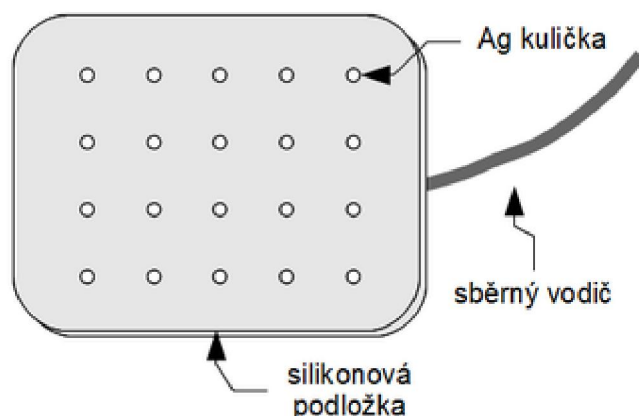
Zařízení pro elektromyografické vyšetření se skládá z komponentů pro měření, analýzu a dokumentaci ze stimulační jednotky. Jsou to elektrody, zesilovače, filtry, zobrazovací zařízení (optické a akustické), registrační zařízení, stimulátor, usměrňovač a monitor (Deschel, 1999).

Dnešní EMG přístroje jsou postaveny na bázi počítače, nebo vlastní přístroj spolupracuje se softwarem v počítači a počítač slouží jako zobrazovací a paměťové zařízení (Cibulčík, 1998).

3.4.4 ELEKTRODY PRO EMG

Používají se povrchové i podpovrchové elektrody složení Ag, či AgCl.

Povrchové elektrody se používají povrchově tzv. multielektrody - stripsy nebo gridy. Strips je silikonový (případně plastový) pásek s kontaktními ploškami elektrod v linii za sebou. Grid je dvourozměrné pole s ploškami elektrod (často tvořenými Ag/AgCl kuličkami uspořádanými maticově) na silikonové či plastové podložce. Gridy slouží k mapování rozložení potenciálů generovaných svalem. Dostupná je i verze plovoucích gridů, které namísto vystouplých stříbrných kuliček používají prohlubně, v nichž je aplikovaný vodivý gel - tak se redukuje vznik artefaktů ve snímaném signálu. Takové gridy se vyrábí i jednorázové, kdy spodní strana je opatřena samolepicí vrstvou, případně se připevňují samolepicí páskou. (Penhaker, 2004)



Obrázek 1 Multielektrodový EMG grid (Wikipedia, 2014)

Podpovrchové - jehlové elektrody bipolární či multipolární, případně tenký drátek či svazek drátků. Bipolární elektroda je složena z duté jehly, jejímž středem prochází izolovaný vodič, který před hrotem jehly vychází na povrch její stěnou. Kovové tělo jehly tvoří jednu společnou elektrodu a středový vodič druhou elektrodu. Jehlová multipolární elektroda je konstrukčně totožná s bipolární s tím rozdílem, že středem vede (a na povrch stěnou vystupuje) vzájemně izolovaných vodičů hned několik. Multipolární elektrodou lze tedy snímat několik signálů na velmi malé ploše najednou. Speciální jehlovou elektrodou se snímací plochou $25\mu\text{m}$ lze měřit signál z jediného svalového vlákna (pro metodu SFEMG). Podpovrchové elektrody se zavádějí kolmo na osu svalu nebo podélně. Jehlovou elektrodu lze dobře umístit ve svalu, ale jedná se o bolestivou metodu a navíc jehla omezuje pohyb svalu a sval zároveň pohybuje elektrodou, což vede ke vzniku nežádoucích artefaktů v signálu. Jehlová elektroda může zůstat zavedena do svalu maximálně hodinu. Naproti tomu zavedený drát lze ponechat ve svalu až několik hodin, ale nelze s ním dobře manipulovat a lokalizovat konkrétní místo zájmu ve svalu. Drátové elektrody se používají tam, kde nechceme omezovat pohyb svalstva, ovšem drát se pohybem může povytáhnout. (Penhaker, 2004)

3.4.5 ELEKTRICKÉ CHARAKTERISTIKY

V případě neinvazivního měření na povrchu kůže zaznamenáváme signál vzniklý činností velkého množství motorických jednotek. Signál dosahuje špičkové hodnoty do 10 mV. Značný objem tkáně mezi elektrodami a svalovými vlákny, stejně jako rozhraní elektroda-pokožka omezují horní hranici využitelného frekvenčního pásma na 500 Hz. Hlavní část výkonového spektra leží v oblasti 50-150 Hz. (Penhaker, 2004)

Invazivním, tzv. intramuskulárním EMG lze měřit elektrický potenciál malého množství motorických jednotek až jednotlivých motorických jednotek. Využitelné frekvenční pásmo sahá až k 10 kHz díky malému objemu tkáně mezi elektrodou a zdrojem signálu. Špičkové napětí dosahuje řádově stovek μV (Penhaker, 2004).

3.4.6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ELEKTROMYOGRAFICKÝ SIGNÁL

Elektromyografický signál může být ovlivněn poměrně velkým množstvím faktorů, vnějších i vnitřních. Vnitřní faktory vycházejí z anatomických, fyziologických a biomechanických vlastností svalu, a proto není možné je vlastním snímáním ovlivnit. Patří mezi ně svalová aktivita měřeného svalu – vlastnosti aktivních svalových vláken (jejich typ a poloměr), počet aktivních svalových vláken, umístění aktivních svalových vláken vůči elektrodě (hloubka a umístění uvnitř svalu). Dále zaražujeme mezi vnitřní faktory aktivitu okolních svalů, tzv. cross-talk, elektrickou aktivitu jiných tkání a vlastnosti tkání mezi elektrodami a povrchem svalu (Krobot, Kolářová, 2011; Rodová, Mayer, Janura, 2001).

Vnější faktory je možné ovlivnit, proto je vhodné věnovat jim pozornost. Jedním z klíčových faktorů pro kvalitu naměřeného signálu je umístění elektrod, jejich velikost a vzdálenost, kontakt mezi elektrodou a kůží. Narušením elektromagnetického pole v blízkosti snímaného objektu vznikají externí šумы. Mohou je způsobovat externí přístroje nebo pohybové artefakty způsobené pohyby snímacích kabelů či prudké pohyby těla. Především jim můžeme použítím diferenciálních předzesilovačů a jejich dobrou fixací (Krobot, Kolářová, 2011).

3.4.7 PRÁCE ZABÝVAJÍCÍ SE AKTIVITOU SVALŮ DK VE VODNÍM PROSTŘEDÍ

Povrchová elektromyografie (EMG) je využívána ve vodním prostředí u prací pro zhodnocení svalové aktivity. Tyto práce se zabývají především chůzí, či aktivitou svalů na dolních končetinách. Například byla řešena otázka: jaká je svalová aktivita při chůzi na běhacím pásu ve vodním prostředí a na suchu. A jaký je rozdíl při použití vodního proudu a bez něj. Studie byla provedena na 6 probandech, kteří chodili na běhacím pásu na suchu a ve vodním prostředí, ponořených po processus xiphoideus. Ve vodním prostředí navíc hodnotili svalovou aktivitu bez a s využitím protiproudu vody. Výsledky studie ukazují, že svalová aktivita byla významněji při chůzi ve vodním prostředí, oproti chůzi na suchu. A zároveň byla vyšší s využitím protiproudu, než bez něj (Masumoto, 2004).

Také byla měřena aktivita svalů na dolních končetinách během maximální a submaximální volní isometrické kontrakce (MVC). Tato studie zjistila, že se u jednotlivých svalů pod vodou EMG amplituda výrazně snížila při maximální i submaximální kontrakci. Nicméně, u isometrické kontrakce měření vykazovaly podobné hodnoty v obou prostředích (Pöyhönen, 1999).

Pöyhönen (2001) dále hodnotil svalovou aktivitu m. quadriceps femoris a m. biceps femoris při flexi a extenzi kolene na suchu a ve vodním prostředí. Ve vodním prostředí navíc s využitím „Hydro Boot“ a bez ní. Studie se účastnilo 18 osob, bez zdravotních obtíží. Výsledky podvodního EMG ukazovaly časný pokles v koncentrické aktivitě agonistů se současnou aktivitou antagonist bez „Hydro Boot“. Při měření ve vodním prostředí na boso a s odporovou pomůckou byli probandi posazeni na židli, tak aby byli ponořeni po střed sternu. Ve výsledcích byly EMG amplitudy podobné v obou případech. Autoři se domnívají, že velikost EMG amplitudy s využitím a bez využití pomůcky byla podobná zejména díky vztahu „síla-rychlost“ svalové kontrakce. Ale bylo upozorováno, že pokud se sval chová jako agonista, je aktivní přibližně v prvních 50 – 60% rozsahu pohybu. Pokud se chová jako antagonist, je aktivní přibližně v posledních 50 – 60% rozsahu pohybu. Zatímco na suchu je agonista aktivní po celou dobu pohybu a antagonist vykazuje pouze malou aktivitu.

Několik prací se zaměřilo na ovlivnění svalové aktivity při zvolení různých rychlostí pohybu. Miyoshi (2004) ve své studii pracoval s 15 probandy ponořenými po

úroveň axily. Na suchu spolu s narůstající rychlostí chůze narůstala i aktivita m. gastrocnemius medialis. Ve vodním prostředí narůstala aktivita i m. biceps femoris. Celkově byl pozorován nárůst svalové aktivity při narůstající rychlosti pohybu (chůze) ve vodním prostředí.

3. 5 Protiproudý bazén – flum

Protiproudý bazén katedry plaveckých sportů (dále jen flum) je výkonné zařízení určené především pro experimenty a trénink plavců, na kterém již proběhlo několik měření rychlosti proudu v závislosti na umístění čidla ve flumu a na hloubce. Předchozí měření prokázala, že nejsilnější proud ve flumu je v blízkosti hladiny a poté jeho rychlost prudce klesá. Flum je tak možné použít pro měření ve větších hloubkách jen s obtížemi. (Vondrášek, 2013)

Bazén vyrobila firma LD-Pool, přesný název je Super Pro A7. Nádrž bazénu je 5 m dlouhá, 2,3 m široká a 1,15 m hluboká. Hřídele, které jsou umístěny v tubusech pod dvojitým dnem, jsou poháněny 7 vysokovýkonnostními motory napájenými 400 V / 32 A. Motory mají celkový výkon 21 kW a jsou schopny v nádrži vytvořit proud vody o rychlosti 0,5 – 2,5 m/s (Balvín, 2010). Na zadní straně nádrže je zabudován sací a odtokový kanál, který nasává vodu, ta je turbínami pumpována do přední části a zde po celé šíři bazénu vypouštěna, tím je zajištěn plynulý tok vody bez většího počtu bublin, součástí levé boční stěny bazénu je pozorovací okno o rozměrech 3x1 m (Kouba, 2010). Odsávací kanál komerčního bazénu přítomného na UK FTVS má odsávací kanál od 30 cm do 65 cm pod hladinou, což zapříčiňuje nedokonalé odsátí proudící vody. Voda, která místo odsátí narazí do stěny, se vrací zpět a způsobí tak snížení rychlosti proudění v hlubších vrstvách (Kozel, 2011).

Při předběžné návštěvě flumu se ukázalo, že proud v bazénu je po celé délce turbulentní a rychlost proudu je značně závislá na hloubce bazénu. Vzhledem k výstroji a výzbroji potápěče, viskozitě vodního prostředí a rychlosti potápěče lze předpokládat, že v oblasti ploutví je proudění vody kolem potápěče prakticky vždy turbulentní. Turbulence ve flumu tak neovlivní praktickou využitelnost výsledků. (Vondrášek, 2013) Nicméně jak ukázala závěrečná práce „*Porovnání srdeční frekvence, hladiny laktátu a rychlosti plavání v proudnicovém kanále a plaveckém bazénu.*“ Kozel (2011) je rychlost

proudu, v závislosti na měřeném místě, už ve 35 centimetrech hloubky pouze cca 30% oproti rychlosti proudění v blízkosti hladiny a směrem ke dnu dále klesá.

Zvýše uvedených důvodů bylo měření provedeno ve vypnutém flumu. Probandi prováděli pohyb na místě zapření proti pevnému břemenu.

3.6 Přístrojové potápění

Rekreační přístrojové potápění je sportem, který neklade mimořádné nároky na fyzickou zdatnost. Během výcviku jsou noví potápěči zaučováni do energií šetřících technik a minimálně šetřících pohybů. Někdy však mohou pod vodou nastat nepředvídatelné mimořádné okolnosti, které jsou velkou zátěží i pro fyzicky zdatné jedince. Fyzicky zdatní potápěči jsou lépe připraveni zvládat fyzicky a psychicky náročnější situace než jejich méně zdatní kolegové. Zkušenosti také ukazují, že ti zdatnější si i během kurzu vedou po všech stránkách lépe a kurs jim po všech stránkách víc dává. (Somers,1997)

Jak tvrdí Melichna (1995): tělesná příprava potápěčů je nezbytná z hlediska optimální reakce na zatížení jakéhokoliv druhu. Přípravu dělí na přípravu na suchu a ve vodě.

I když přístrojové potápění a šnorchlování jsou dva odlišné sporty, základ mají stejný a to je, že pohyb pod vodou je umožněn propulzí dolních končetin a ploutví (propulze je síla potřebná k překonání odporu vody). Na příklad v knize Šnorchlování se píše, že fyzická kondice by se neměla podceňovat. V moři se potápěč může setkat se záludnými proudy. Trénovaný potápěč je překoná lehce, z netrévaného bude najednou „mokry pytel“ se spoustou těžkostí (Käsinger,2004).

Podle Mařáka (1977) je bezpečný ponor velmi závislý na psychické pohodě a tento stav spoluvytváří řada okolností, jako například správná životospráva, život bez zbytečných konfliktů, dobrá fyzická připravenost, ale i dobrá znalost okolního prostředí, ve kterém chce potápěč pobývat, aby se mu mohl dobře přizpůsobit a aby ho jeho fyzikální vlastnosti nepřekvapily.

Vrbovský tvrdí, že pokud si potápěč přivykne udržovat se v kondici pravidelným tréninkem, brzy zjistí, že mnoho věcí mu půjde snáze nejen při potápěčském výcviku. Dokonce doporučuje, zda uchazeči o potápěčskou licenci činí problémy uplavat 200m, ať zvaží, jestli by nebylo rozumnější nejdříve zvýšit plavecké dovednosti, vytrvalost, a teprve pak se přihlásit do potápěčského kurzu. Toto tvrzení odůvodňuje tím, že dobrý plavec se ve vodě cítí lépe, snáze zvládá cviky s potápěčskou výstrojí a dělá větší pokroky. (Vrbovský, Potápění s přístrojem)

Technické potápění je spojeno hlavně se zvedáním těžkých předmětů. Nejenže se díky tréninku síly stane potápěč na suchu mnohem schopnější, ale následné fyziologické změny mohou hlavně snížit potápěčovo riziko pod vodou. Trénink síly zvyšuje sílu svalů, což znamená, že trénovaný potápěč zvládne mnohem snadněji unést těžší výstroj. (Dir-cz, 2002)

Zvýšení obsahu minerálů v kostech, které nastává při posilování, může potápěče ochránit i před odumírání kostní tkáně, která souvisí s dekompresí. Dekompresní tlak může zadržovat dodávku krve do kosterního systému, což může mít za následek odumření buněk a oslabení kostní tkáně. V případě, že má potápěč silný kosterní systém a trpí dekompresní nemocí, může mít méně poškozenou diafýzu) a povrch kloubů. Potápěči, kteří pravidelně posilují své kosti silovým tréninkem, mohou předcházet případným zraněním tím, že své kosti udržují v pravidelné aktivitě a jejich kosti se takto uzpůsobují. Pro potápěče, kteří mají dlouhé expozice, je hlavním zdrojem tepla jejich svalová tkáň. Čím větší je objem svalové tkáně, tím více tepla může tělo generovat uvnitř, aby zvládlo pobyt pod vodou. Je důležité mít na paměti, že pro produkci tělesné teploty je potřeba jak zdroj energie i voda - u dlouhé expozice to znamená příjem potravy a nápojů během ponoru a dekomprese. Zvýšený objem svalů vede k urychlení metabolismu, což může mít v důsledku za následek ztrátu zásobáren tuku. Zvýšení procenta svalové hmoty k procentu tukové tkáně vede u potápěče k zvýšení rychlosti přesunu plynů do a z tkání. (Dir-cz, 2002)

Někteří zkušení potápěči věří, že cvičení jim pomůže až ve chvíli, kdy už jsou jejich dovednosti a zkušenosti s pobytem pod vodou na vyšší úrovni. Toto je však zkreslený pohled na to, co za ně jejich srdce a plíce dělají. Tím, že se budou více věnovat kardiovaskulárnímu tréninku, mohou pro sebe udělat mnohem více, než jen zlepšit svou spotřebu vzduchu. Mohou také zvýšit bezpečnost svých ponorů několika

způsoby, např.: zvýšení fyzické rezervy ve chvíli, kdy se vyskytnou problémy, snížení reakce na krizovou situaci, zvýšení rychlosti vylučování inertních plynů, omezení tvorby volných bublin. Jak se svalové buňky budou postupně přizpůsobovat cvičení, zvýší se počet mitochondrií a počet aerobních enzymů. Takto uzpůsobené svalové buňky se stávají silnější a s kyslíkem, který je zásobuje, také mnohem výkonnější. Potápěč, který bude trénovaný, bude takto moci vykonat více práce se stejným množstvím vzduchu nebo využije menší množství a vykoná stejné množství práce, jako netrénovaný potápěč. Nejenže díky tomuto má schopnost udělat více během jednoho ponoru, ale zvyšuje i schopnost řešit jakékoliv problémy, které se mohou vyskytnout. Kardiovaskulární kondice také zvyšuje efektivitu, se kterou buňka zužitkuje kyslík, který přijme. Z toho vyplývá, že tkáň trénovaného potápěče potřebují méně kyslíku, aby udrželi svůj metabolismus na určité úrovni, než tkáň netrénovaného potápěče. Toto je způsobeno i zvýšením počtu aerobních enzymů, které jsou obsaženy v buňkách, stejně jako několika dalšími strukturálními změnami v buňce. Na závěr je důležité uvést, že tkáň trénovaného potápěče mají větší šanci zůstat nepoškozené během snížení dodávky krve v porovnání s potápěčem bez tréninku. (Dir-cz, 2002)

Během ponoru je tělo potápěče vystaveno působení okolního tlaku. Většina tělesných tkání tento tlak šíří bez toho, aby jej potápěč nějak pociťoval. Výjimku tvoří dutiny s plynným obsahem, v nichž je zapotřebí vyrovnáním tlaku s tlakem okolí zabránit vytvoření buď relativního podtlaku, nebo relativního přetlaku. (Vrbovský, Potápění s přístrojem)

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Charakter výzkumu

Diplomová práce se zabývá problematikou zapojení vybraných svalových skupin dolních končetin přístrojového potápěče při specifických způsobech pohybu pod vodní hladinou s lahví, automatikou, žaketem a ploutvemi. Výzkumný soubor tvoří pět zkušených potápěčů splňující normy dle ČSN EN 14153-3 3 (2004). Aktivita svalů byla snímána přístrojem ME 6000 MEGA. Po naměření navazovalo zpracování výsledků a jejich vyhodnocení.

4.2 Použité metody a přístroje

Vlastní měření probíhalo v Pedagogicko-výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů v suterénu Fakulty tělesné výchovy a sportu UK Praha. Součástí laboratoře je bazén o velikosti 6 x 3 m a hloubce 1,2 m. Jedna stěna bazénu je tvořena průhledným materiálem, což umožňuje sledovat prováděný pohyb i pod vodní hladinou a pořídit jeho videozáznam.

Aktivita svalů byla snímána přístrojem ME 6000 MEGA. ME 6000 MEGA je přenosná telemetrie a snímač dat, navržen tak, aby splňoval i nejnáročnější potřeby v oblasti měření a sledování elektromyografie a dalších fyziologických signálů až šestnácti kanály současně. Tato ambulantní jednotka spojuje jedinečné vlastnosti kapesní ústředny a bezdrátové telemetrie v jeden celek. Zařízení se dá používat jak laboratorních tak i polních podmínkách. (MEGAEMG, 2015)

4.3 Organizace výzkumu

Na začátku výzkumu byly probandům aplikovány elektrody povrchového EMG nad vybrané svaly dolních končetin (m. gastrocnemius, m. tibialis anterior, m. biceps femoris, gluteus maximus, m. quadriceps femoris – vastus medialis, rectus femoris, vastus lateralis) Aktivita svalů byla snímána pouze na levé dolní končetině probandů. Pozornost byla věnována preciznímu přelepení elektrod vodotěsnými přelepky a uchycení volných kabelů, aby nedošlo k odlepení elektrod při měření ve vodě.

K měření byly použity elektrody, které byly aplikovány na očištěnou, odmaštěnou pokožku za použití oboustranných lepicích kroužků. Elektrody byly umístěny nad

největší část břicha svalu. Fyzioterapeut provedl palpaci svalů při simulovaném pohybu a elektrody byly umístěny do místa s největší aktivací svalu. Pro snížení impedance mezi kůží a elektrodou byl použit vodivý gel. K zajištění vodotěsnosti byly použity voděodolné přelepky, které brání odlepení elektrod ve vodě. Volné kabely vedoucí od elektrod byly přilepeny páskou tak, aby se minimalizoval jejich pohyb během měření.

Proband, který byl v bazénu, prováděl pohyb zapřený o pevné břemeno. Nejprve byla měřena aktivita vybraných svalů při kraulovém kopu. Pak následovalo měření aktivity vybraných svalů při modifikovaném prsovém kopu.

Výsledky byly zaznamenávány do notebooku a zpracovány programem MegaWin – Averaged RMS: RAW. Tento program nejprve zprůměroval provedené záběrové cykly a vytvořil křivku zapojení každého svalu v záběrovém cyklu. Dále převedl záběrový cyklus na procenta, tudíž výsledky zapojení svalů uvádí v procentech nikoli v jednotce času. Díky tomuto převodu je možné poznat, na kolika procentech záběru se jednotlivý sval zapojuje a na kolika procentech končí. Tento převod umožňuje porovnat zapojení svalu v jednotlivých specifických způsobech pohybu pod vodní hladinou a určit, zda se zapojuje více či méně nebo jeho aktivita je stejná.

4. 4 Charakteristika měřeného souboru

Výzkumný soubor tvoří pět zkušených potápěčů splňující normy dle ČSN EN 14153-3 3 (2004).

Probandi se výzkumu účastnili dobrovolně. Před zařazením do výzkumu podepsali informovaný souhlas (viz. Příloha č. 2), kde byli předem seznámeni s účelem a průběhem výzkumu a interpretací výsledků. Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 212/2014 (viz Příloha č. 1).

5 VÝSLEDKY

Tabulka 2 znázorňuje, kolik procent z jednoho pohybového cyklu byl sval zapojen při KK

	Gastrocnemius muscle - medial part - L	Gastrocnemius muscle - lateral part - L	Tibialis anterior muscle - L	Biceps femoris muscle - L	Quadriceps femoris muscle - vastus lateralis - L	Quadriceps Femoris muscle - rectus femoris - L	Quadriceps femoris muscle - vastus medialis - L	Gluteus maximus muscle - L
Proband 1	74,15	24,14	51,57	92,61	45,72	44,94	88,3	16,4
Proband 2	43,86	44,45	28,05	37,42	19,16	37,74	37,67	25,3
Proband 3	48,88	50,85	52,77	50,27	62,72	32,67	54,2	56,82
Proband 4	52,2	26,44	59,2	48,72	62,5	54,73	30,52	29,98
Proband 5	53,37	37,03	35,04	16,25	73,39	64,07	22,95	38,98

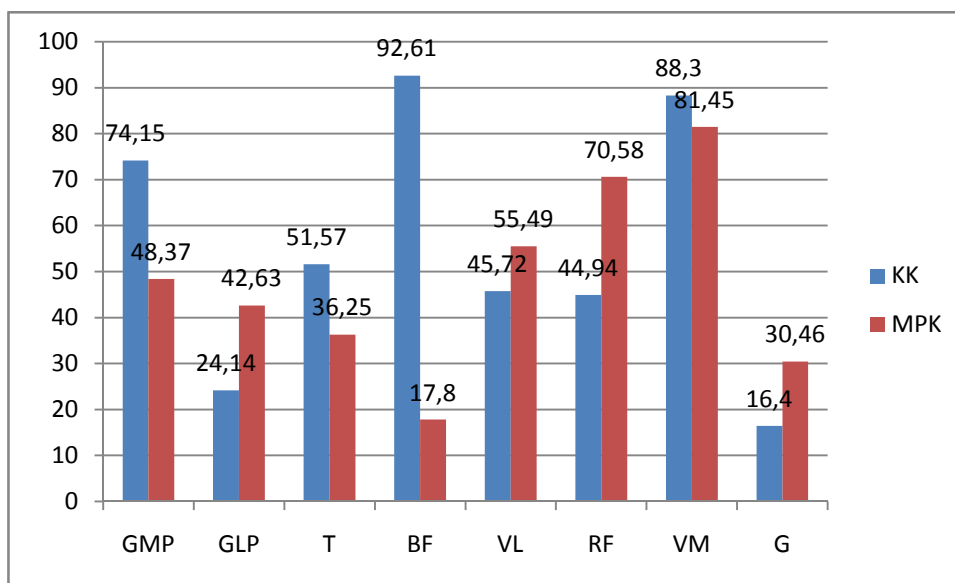
Tabulka 3 - znázorňuje, kolik procent z jednoho pohybového cyklu byl sval zapojen při MPK

	Gastrocnemius muscle - medial part - L	Gastrocnemius muscle - lateral part - L	Tibialis anterior muscle - L	Biceps femoris muscle - L	Quadriceps femoris muscle - vastus lateralis - L	Quadriceps femoris muscle - rectus femoris - L	Quadriceps femoris muscle - vastus medialis - L	Gluteus maximus muscle - L
Proband 1	48,37	42,63	36,25	17,8	55,49	70,58	81,45	30,46
Proband 2	20,64	18,08	22,65	88,43	46,54	66,7	22,36	47,81
Proband 3	54,89	36,83	69,9	55,94	42,71	23,51	60,21	62,54
Proband 4	57,99	20,46	78,88	82,39	21,41	17,93	50,39	87,68
Proband 5	37,63	48,5	35,82	29,22	23,65	40,36	11,22	54,41

Tabulka 4 - znázorňuje, u kterého způsobu se sval zapojoval více a o kolik procent. Údaje jsou v procentech. K – kraulový kop, P- modifikovaný prsový kop.

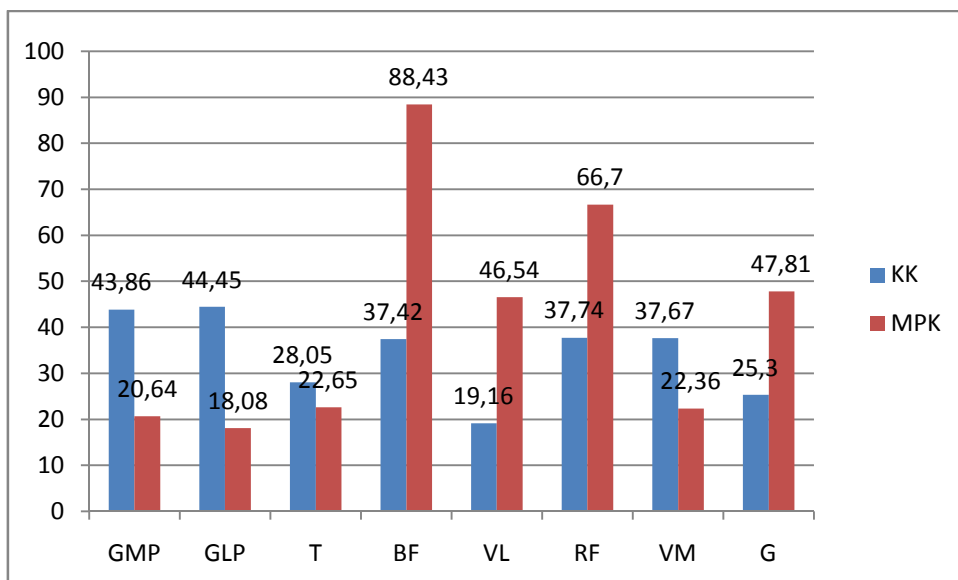
	Gastrocnemius muscle - medial part - L	Gastrocnemius muscle - lateral part - L	Tibialis anterior muscle - L	Biceps femoris muscle - L	Quadriceps femoris muscle - vastus lateralis - L	Quadriceps femoris muscle - rectus femoris - L	Quadriceps femoris muscle - vastus medialis - L	Gluteus maximus muscle - L
proband 1	25,78 K	18,49 P	15,32 K	74,81 K	9,77 P	25,64 P	6,85 K	14,06 P
Proband 2	23,22 K	26,37 K	5,4 K	51,01 P	27,38 P	28,96 P	15,31 K	22,51 P
Proband 3	6,01 P	14,02 K	17,13 P	5,67 P	20,01 K	9,16 K	6,01 P	5,72 P
Proband 4	5,79 P	5,78 K	19,68 P	33,67 P	41,09 K	36,8 K	19,87 P	57,7 P
Proband 5	15,74 K	11,47 P	0,78 P	12,97 P	49,74 K	23,71 K	11,73 K	15,43P

U probanda č. 1. byla naměřena aktivita m. gastrocnemius 74,15% na mediální části při kraulovém kopu, při modifikovaném prsovém kopu byla aktivita svalu 48,13% délky záběrového cyklu. Laterální část m. gastrocnemius byla více aktivní při modifikovaném prsovém kopu a to 42,63% oproti 24,14% při kraulovém. M. tibialis pracoval 51,57% a 36,25% záběru, první číslo patří kraulovému kopu. M. biceps femoris se u probanda zapojoval ve značné míře u kralového kopu 92,62% při MPK pouhými 17,8%. M. quadriceps femoris- vastus lateralis a m. quadriceps rectus více zabíraly při MPK (55,49%; 70,58% x 45,72%; 44,94%), vastus mediális se více zapojoval při kraulovém kopu 88,3% x 81,45%, rozdíl procentuálního zapojení byl však mizivý. M. gluteus je více zapojován při MPK 30,46% a při KK 16,4%. Během MPK se probandovi 1 nejvíce zapojoval rectus femoris a vastus medialis, U KK to byl m. biceps femoris a vastus medialis.



Graf 1 – zapojení svalů při KK a MPK, proband 1

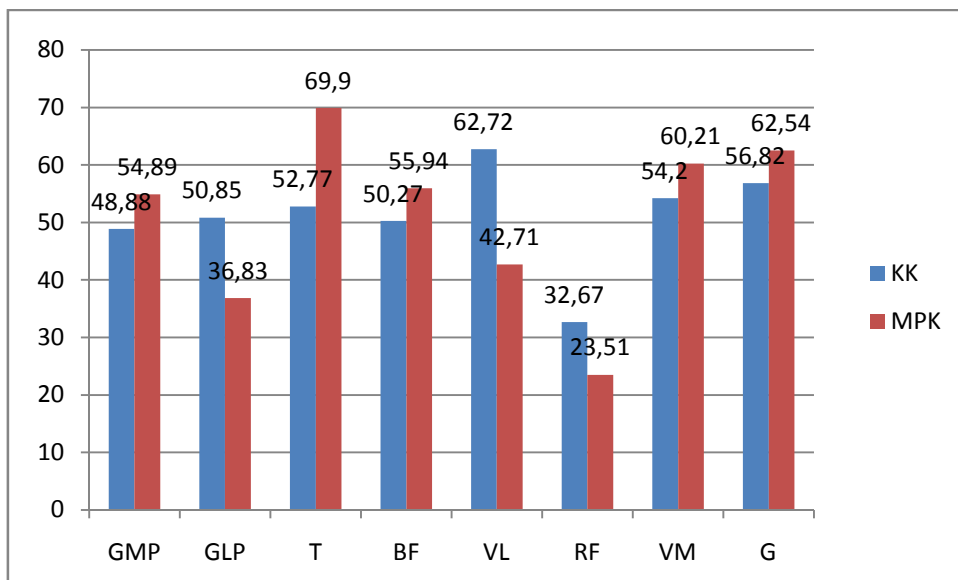
Proband číslo dvě měl větší aktivitu m. gastrocnemius vnitřní části u kraulu. Aktivita činila 43,86% u MPK si snížila na 20,64%. Vnější část zabírala velmi podobně 44,45% u KK a 18,08% MPK. M.tibialis anterior zabíral 28,05% pohybu u KK u MPK 22,65%. M. biceps femoris pracoval 88,43% pohyb u MPK. U KK zabíral pouze 37,42% pohybu. M. quadriceps femoris vastus lateralis pracoval s necelým 10 % rozdílu při záběrech, KK 19,16% MPK 46,54%. Rectus femoris byl aktivnější u MPK 66,7% u KK pouze 37,74%. Vastus medialis se zapojoval 37,67% pohybu u KK, 22,36% u MPK. 25,3% u KK a 47,81% u MPK se zapojoval gluteus maximus. Probandovi 2 se nejvíce zapojovaly svaly m biceps femoris a rectus femoris při MPK. U KK to byla mediální a laterální část m. gastrocnemia, ale jejich zapojení nebylo ani 50% pohybu.



Graf2 - zapojení svalů při KK a MPK, proband 2

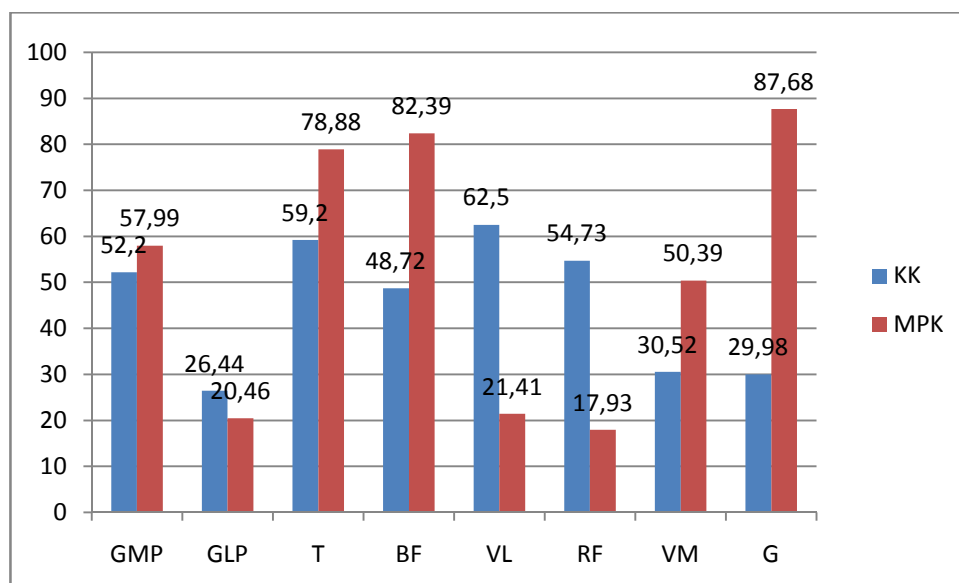
Proband číslo 3 měl podobnou aktivitu m. gastrocnemia u KK jako proband číslo dvě, laterální část měla aktivitu 50,85% mediální 48,88%. MPK byla aktivita svalů podobná více probandovi číslo 1, 54,89 % mediální část a 36,83 %. M.tibialis byl aktivní 52,77% pohybu u KK, podobného výsledku dosáhl proband číslo 1. U MPK se tato shoda rozchází, protože při tomto způsobu byla aktivita svalu 69,9% pohybu. M. quadriceps femoris se zapojoval 62,72% vastus lateralis, 32,67% rectus femoris 54,2% vastus medialis. Tyto hodnoty byly naměřeny u KK. Probandovi číslo 3 byly naměřeny

u MPK na m. quadriceps femoris následné hodnoty vastus lateralis 42,71% rectus femoris 23,51% vastus mediális 60,21%. Gluteus maximus se zapojoval při KK 56,82% pohybu, u MPK zabíral 62,54%. Probandovi 3 se nejvíce zapojoval m. tibialis anterior a m. gluteus maximus při MPK. U KK to byl vastus lateralis a opět m. gluteus maximus.



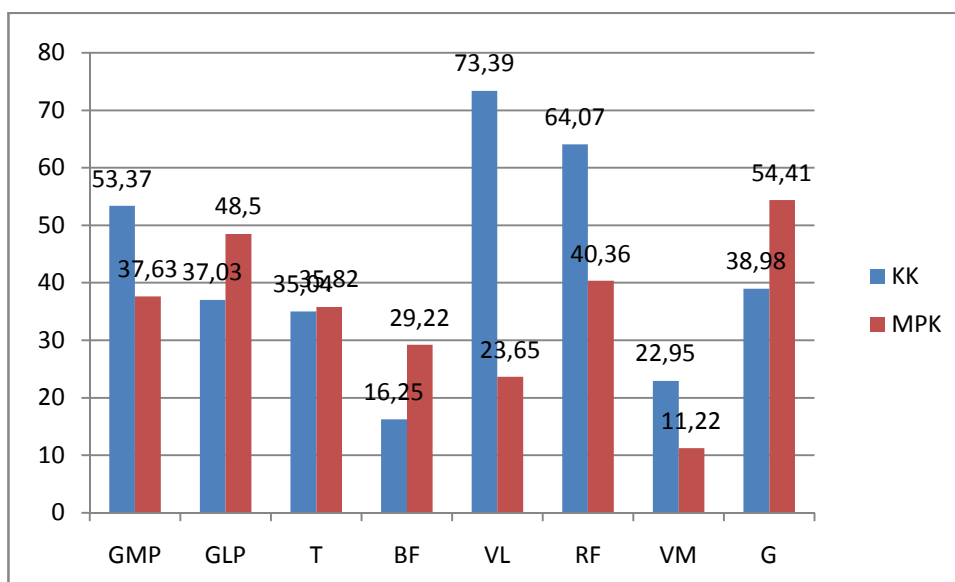
Graf 3 zapojení svalů při KK a MPK, proband 3

Aktivita m. gastrocnemia byla u probanda číslo 4 52,2% na mediální části, 26,44% na laterální části u KK. Při MPK zabírala mediální část 57,99 % pohybu a laterální 20,46%. M. tibialis anterior zabíral větší část pohybu při MPK a to 78,88 %, při KK zabíral 59,2 %. 82,39 % pohybu pracoval m. biceps femoris u MPK 48,72 % při KK. M. quadriceps femoris pracoval nejdéle při KK v části vastus lateralis 62,5 %, rectus femoris se aktivoval 54,73% pohybu, nejméně se zapojoval vastus medialis a to 30,52%. Při MPK byly naměřeny hodnoty: 21,41% vastus lateralis, 17,93 % rectus femoris, 50,39 % vastus medialis. M. gluteus maximus se při MPK aktivoval 87,68 %, oproti tomu při KK pracoval 29,98%. Probandovi 4 se u MPK zapojovaly m. gluteus maximus a m. biceps femoris. Při KK to byl vastus lateralis a m. tibialis anterior.



Graf 4 - zapojení svalů při KK a MPK, proband 4

M. gastronemius zabíral probandovi číslo 5 při KK 53,37 % mediální část, 37,03 % laterální část. Při MPK byla aktivita svalů opačná, více procent záběru pracovala laterální část 48,5% a mediální 37,63%. Velmi podobná čísla, co se týče procent zapojení během jednoho pohybového cyklu, byla naměřena u m. tibialis anteris, při KK 35,04 % a při MPK 35,82%. M. biceps femoris při KK zabíral 16,25% pohybu, při MPK vyvíjel práci 29,22% pohybu. Vastus lateralis zabíral 73,39% pohybu při KK, oproti tomu pouhých 23,65 % pohybu při MPK. Rectus femoris pracoval 64,07% při KK a 40,36% při MPK. Na vastus medialis byly naměřeny hodnoty 22,95% u KK a 11,22% u MPK. Gluteus maximus pracoval více u MPK a to 54,41% u KK 38,98%. Proband 5 nejvíce zapojoval při MPK m. gluteus maximus a laterální část m. gastrocnemius, kde aktivita svalu byla o 1,5% pod 50% pohybu. U KK se nejvíce zapojoval vastus lateralis a rectus femoris.



Graf 5 zapojení svalů při KK a MPK, proband 5

V tabulce 4 je možné najít shodu při zapojení svalu m. gastrocnemius – mediální části mezi dvojicí probandů 1 a probanda 2. U této dvojice se sval více zapojoval při KK, podobné výsledky byly naměřeny i u dvojice proband 3 a proband 4, zde se sval zapojoval více při MPK. V laterální části m gastrocnemius se bližší výsledky nenaměřily. M tibialis anterior se zapojoval, dle tabulky 4, podobně probandovi 3 a probandovi 4. U probanda 3 se tento sval zapojoval o 17,13 % více u MPK než u kraulu, proband 4 měl naměřeny hodnoty o 19,68 % větší také u MPK. M biceps femoris se zapojoval u probanda 2, probanda 3, probanda 4 i probanda 5 více u MPK, hodnoty jsou ale rozdílné. Vastus lateralis pracoval podobně u probanda 4, ten dosáhl hodnot 41,09 % většího zapojení svalu u KK, a probanda 5, kterému bylo naměřeno 49,74 % ve prospěch KK. Dále je možné si všimnout v tabulce 4 shody mezi Probandem 1 a probandem 2 u rectus femoris, o 25,64 % více aktivity u MPK u probanda 1 a 28,96% u probanda 2. Zbylí probandi měli větší aktivitu u KK, avšak délka zapojení proti MPK byla různá. U KK se vastus medialis zapojoval probandům 1, 2 a 5, hodnoty ve stejném pořadí byly: 6,85 %, 15,31 %, 11,73 %. Úplná shoda nastala u m gluteus maximus, kdy u všech probandů byla naměřena delší aktivita svalu u MPK. Nejbližší shoda hodnot o kolik byla práce tohoto svalu větší, byla u probanda 1 a probanda 5.

Tabulka 5 -začátek a konec zapojení svalů při kraulovém kopu, výsledky jsou v procentech. Z-začátek zapojení svalu, K- konec zapojení svalu, P-proband

	Gastrocnemius muscle - medial part		Gastrocnemius muscle - lateral part		Tibialis anterior muscle		Biceps femoris muscle		Quadriceps femoris muscle - vastus lateralis		Quadriceps femoris muscle - vastus medialis		Quadriceps femoris muscle - rectus femoris		Gluteus maximus muscle	
	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K
P1	23,71	97,86	46,29	70,43	72,67	24,24	23,03	15,64	97,48	43,2	75,31	20,25	83,09	71,39	56,4	12,8
P2	68,06	11,92	74,28	18,73	21,14	49,19	76,55	13,97	20,65	39,81	11,48	49,22	16,63	54,3	31,23	56,53
P3	66,78	15,56	72,9	23,75	25,39	78,16	65,42	15,69	15,93	78,65	23,44	56,11	18,52	72,72	60,78	17,6
P4	67,94	20,14	33,44	59,88	28,05	87,25	70,91	19,63	28,09	90,59	26,44	81,17	32,58	63,1	94,59	24,37
P5	68,25	21,62	55,51	32,54	23,82	58,86	91,7	7,95	18,32	91,71	16,08	80,15	97,3	20,25	52,43	92,41

Tabulka 6 -začátek a konec zapojení svalů při modifikovaném prsovém kopu, výsledky jsou v procentech. Z-začátek zapojení svalu, K- konec zapojení svalu

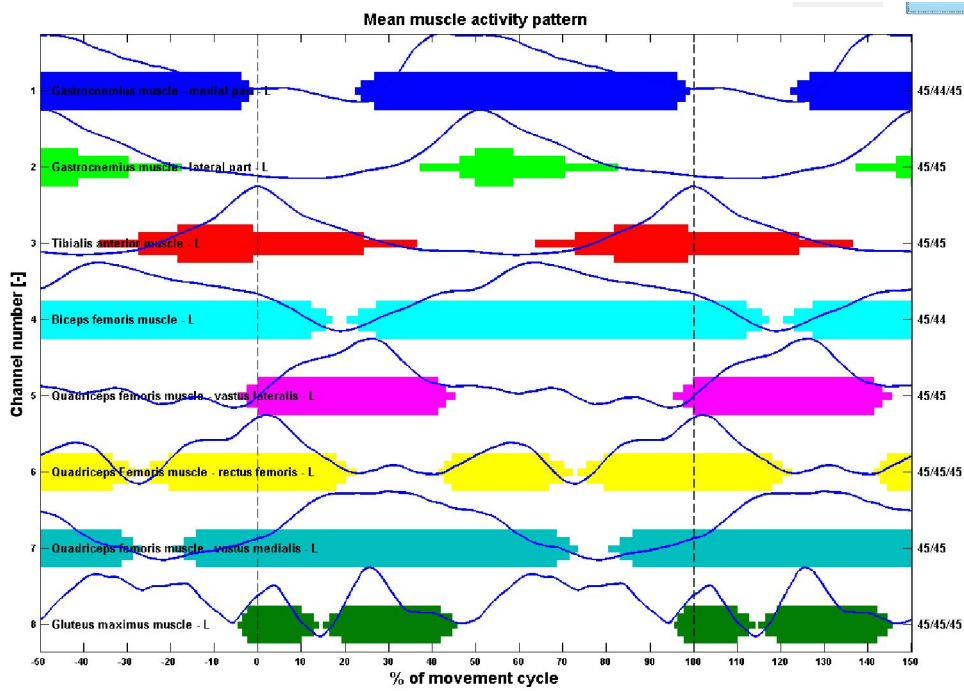
	Gastrocnemius muscle - medial part		Gastrocnemius muscle - lateral part		Tibialis anterior muscle		Biceps femoris muscle		Quadriceps femoris muscle - vastus lateralis		Quadriceps femoris muscle - rectus femoris		Quadriceps femoris muscle - vastus medialis		Gluteus maximus muscle	
	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K	Z	K
P1	12,9	61,27	24,13	66,76	78,89	15,14	3	20,8	19,45	74,94	19,53	90,11	7,25	88,7	98,21	28,67
P2	97,42	18,06	96,2	14,28	95,25	17,9	72,78	61,21	72,21	18,75	73,61	40,31	0,76	23,12	13,84	61,65
P3	61,20	16,18	90,74	27,57	16,13	86,03	56,82	12,76	37,55	80,26	38,95	62,46	62,56	22,77	59,33	21,87
P4	59,82	17,06	7,5	27,96	20,26	99,14	41,5	23,89	61,17	82,58	21,64	39,57	63,36	13,75	27,03	14,71
P5	80,73	18,36	76,28	24,78	62,29	98,11	77,84	7,06	90,21	13,86	72,19	12,55	91,86	3,08	63,97	18,38

Dle tabulky 5 se shoduje start zapojení mediální části m. gastrocnemius u KK probandům 2,3,4,5. Začátek zapojení je v rozmezí 66,78 – 68,25% pohybu. Konec pohybu se shoduje probandům 2 a 3, jejich zakončení práce mediální části m. gastrocnemius je 11,92 % a 15,66 % pohybu. Další výsledkově podobnou dvojici tvoří proband 4 a 5, kdy jejich zakončení práce této části svalu je 20,14% a 21,62 % pohybu. Laterální část m. gastrocnemius pracovala v podobném rozmezí u probanda 2 a 3. Start pohybu svalu začal na 74,28% respektive 72,9% a zakončen byl na 18,73 % a 23,75 % pohybu. M. tibialis anterior vstupuje do pohybového cyklu podobně u probandů 2,3,4,5, rozmezí zapojení je 21,14 % až 28,05% v zakončení činnosti tohoto svalu se probandi už liší více, rozmezí je mezi 49,19% až 87,25%. M. biceps femoris měl podobnou aktivitu u probanda 2, 3, 4. Hodnoty probandů byly 76,55 %, 65,42 % a 70,91% pro zapojení svalu do pohybového cyklu, jejich m. biceps femoris se přestal zapojovat do pohybového cyklu při hodnotách 13,97%, 15,69%, 19,63%. Vastus medialis se zapojoval probandovi 3 a probandovi 5 v 15,93 % respektive 18,32% procentech záběrového cyklu, podobné zapojení svalu měl proband 2 a 4, konec pohybu se shodoval více probandům 4 a 5, kde hodnoty byly 90,59% a 91,71% pohybu. Rectus femoris vstupoval do pohybového cyklu u probanda 3 na 23,44%, probanda 4 na 26, 44% a proband 5 16, 08%, zakončení práce tohoto svalu bylo u probanda 4 a 5 v hodnotách 81,17% a 80,15%. Proband 3 měl naměřené zakončení práce rectus femoris na 56,11% pohybu. Poprvé, kdy byla naměřena bližší shoda u probanda 1 s probandem 5 alespoň u začátku pohybu, byla u vastus medialis, hodnoty byly 83,09% a 97,3 %, bohužel při zakončení pohybu se probandi rozcházel více jak o 50 % pohybu. Větší shoda byla naměřena probandům 2 a 3, kde počáteční hodnoty byly 16,63% a 18,52% a zakončení pohybu na 54,3% a 72,72%. M. gluteus maximus měl největší shodu v začátku zapojení svalu a ukončení jeho práce u probandů 1 a 4, jejich hodnoty byly 96,4% a 94,39% pro začátek zapojení svalu, 12,8 % a 24,37 % pro zakončení práce svalu.

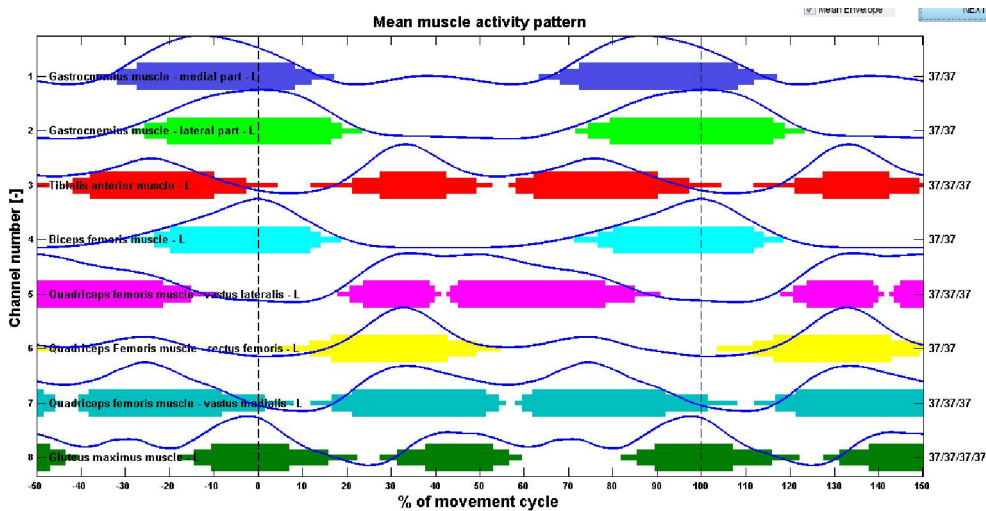
V tabulce 6, znázorňující začátek a konec zapojení jednotlivých svalů při MPK, se zapojení m. gastrocnemius v mediální části nejvíce shoduje proband 3 a 4. Probandovi 3 se sval začal zapojovat při 61,29 % pohybu, probandovi 4 při 59,82% pohybového cyklu. Zakončení práce svalu bylo při 16,18% respektive 17,06%. V zakončení práce této části svalu se s těmito probandy shodovali také probandi 2 a 5. Jejich hodnoty byly 18,06% a 18,36%. V zapojení laterální části lýtky se shodovali proband 2 -96,2% a

proband 3 – 90,74%. V zakončení práce laterální části se rozcházel více. Probandovi 2 končil sval práce při 14,28% pohybu a probandovi 3 při 27,57%. S probandem 3 se v tomto shodovali také probandi 4, a 5, kteří měli hodnoty 27,96% a 24,78%. M. tibialis anterior pracoval v podobném rozmezí při MPK probandům 3 a 4, jejich zahajovací hodnoty byly 16,13% a 20,26%. Konec práce svalu byl při 86,03% a 99,14%, v tomto ohledu se s nimi shodoval také proband 5, kterému m. tibialis anterior přestal pracovat při 98,11% pohybu. M. biceps femoris se dle výsledků měření zapsaných v tabulce 6 zapojoval v pohybovém cyklu nejpodobněji probandovi 2 a 5, zejména při začátku pohybu svalu. Jejich hodnoty byly 72,78% a 77,84%. Zakončení pohybu bylo u těchto probandů velmi rozdílné, zde se nejvíce shodoval proband 3 a 5. Proband 3 měl tuto hodnotu 12,76% a proband 5 7,06%. Na vastus lateralis byly naměřeny nejbližší hodnoty při zapojení této části svalu do pohybu probandům 2 a 4, probandovi 2 bylo naměřeno 72,21% a probandovi 4 61,17%. V zakončení pohybu se shodovali probandi 1,3,4 a probandi 2 a 5. První jmenovaná trojice měla výsledky 74,94%, 80,26%, 82,58%. Zbývá dvojice zakončovala pohyb vastus lateralis na 18,75% respektive 13,86%. Hodnoty, kdy vstupoval do pohybového cyklu rectus femoris, mají podobné proband 1(19,53%) a proband 4 (21,64%). Dále shodné hodnoty mají probandi 2 a 5, jejich výsledky jsou 73,61% a 72,19% pohybu. V zakončení pohybu se shodují nejvíce hodnoty probandovi 2 a 4. Probandovi 2 byla naměřena hodnota 40,31% a probandovi 4 byla naměřena hodnota 39,57%. Proband 3 a proband 4 měly podobné hodnoty při zapojení vastus medialis. Začátek práce svalu byl u probanda 3 na 62,56% a zakončení na 22,77%. Proband 4 měl začátek pohybu na 63,36% a zakončení pohybu při 13,75%. M. gluteus maximus byl zapojen u probandů 3 a 5 v podobném rozsahu. Začátek pohybu byl zaznamenán u probanda 3 při 59,33%, u probanda číslo 5 na 63,97% pohybu. Konec aktivity svalu byl u probanda 3 na 21,87% pohybu a probanda 5 při 18,31% pohybu.

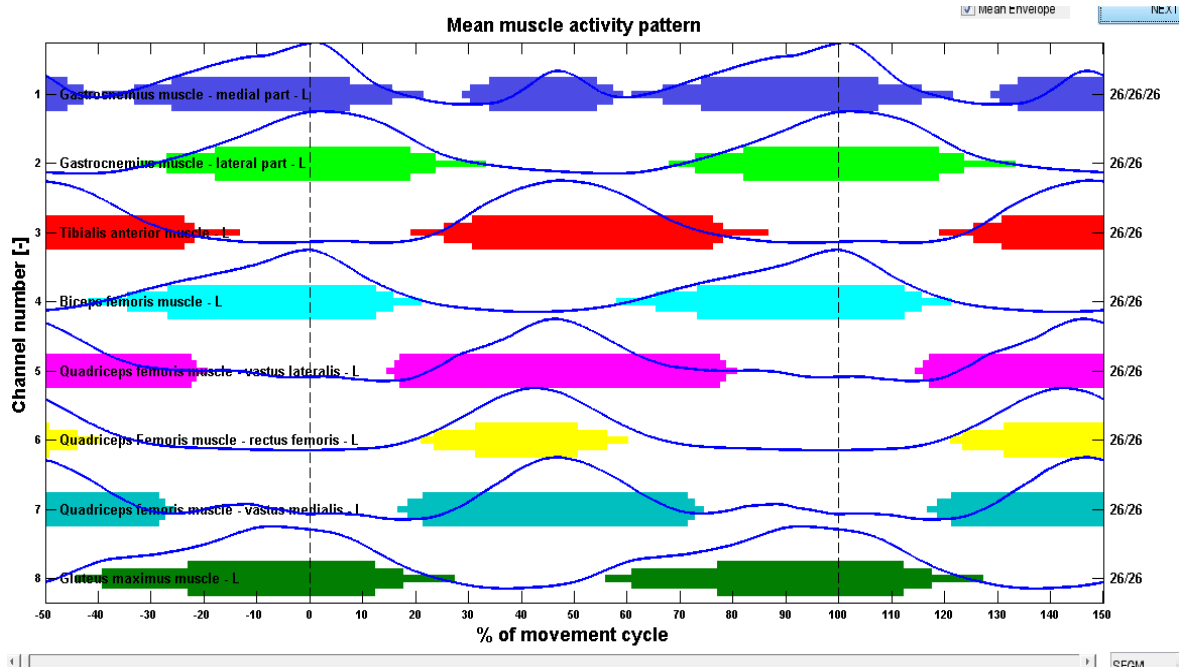
Následující grafy zobrazují začátek a konec zapojení svalů při KK a MPK v grafické podobě.



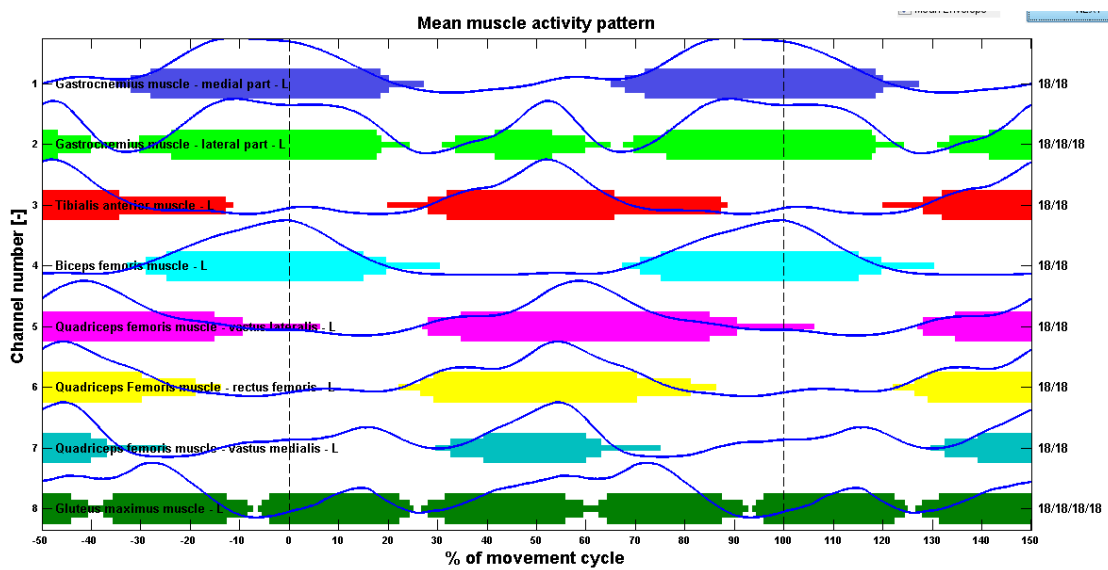
Obrázek 2 -grafické znázornění zapojení svalů při KK u P1



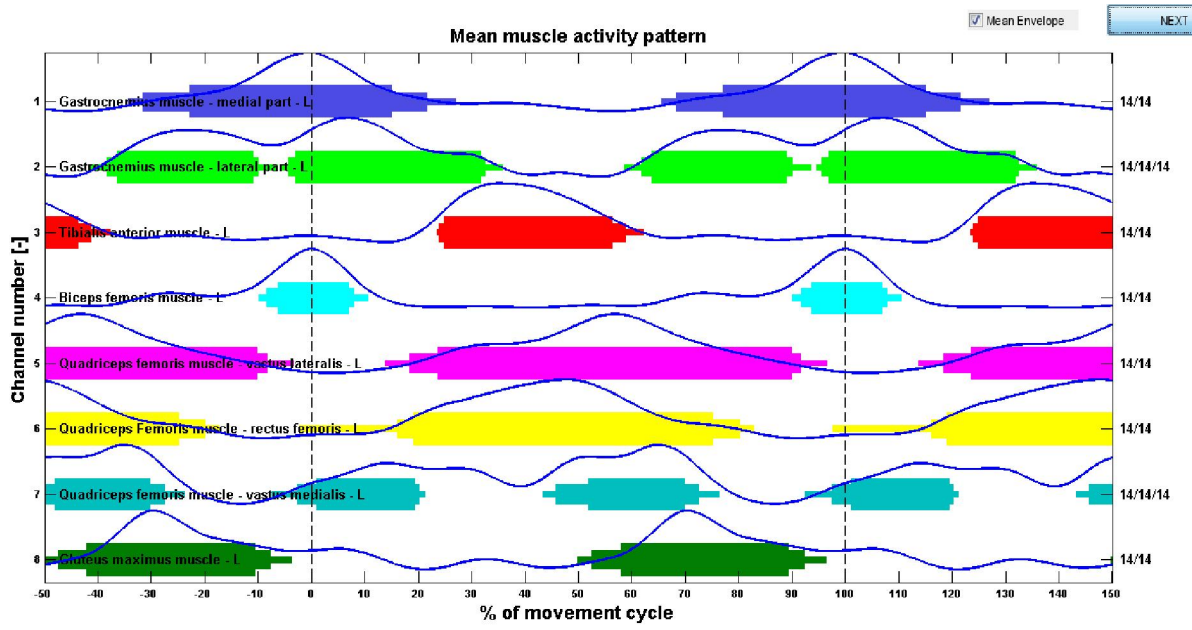
Obrázek 3 -grafické znázornění zapojení svalů při KK u P2



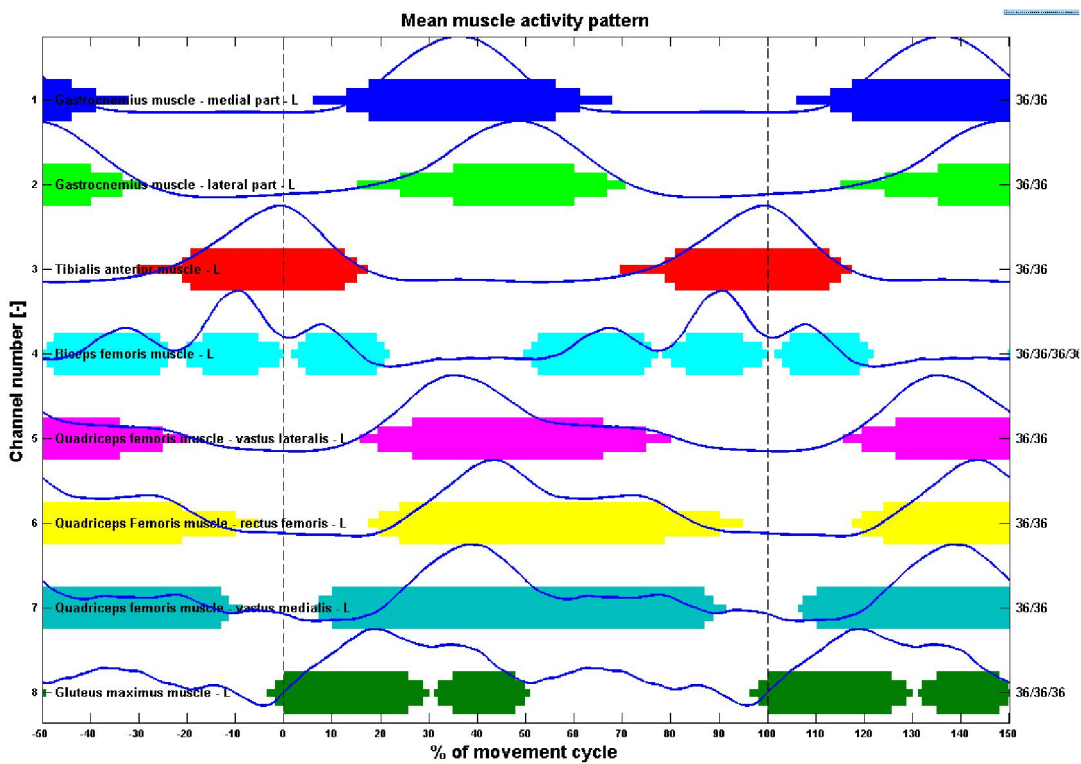
Obrázek 4 - grafické znázornění zapojení svalů při KK u P3



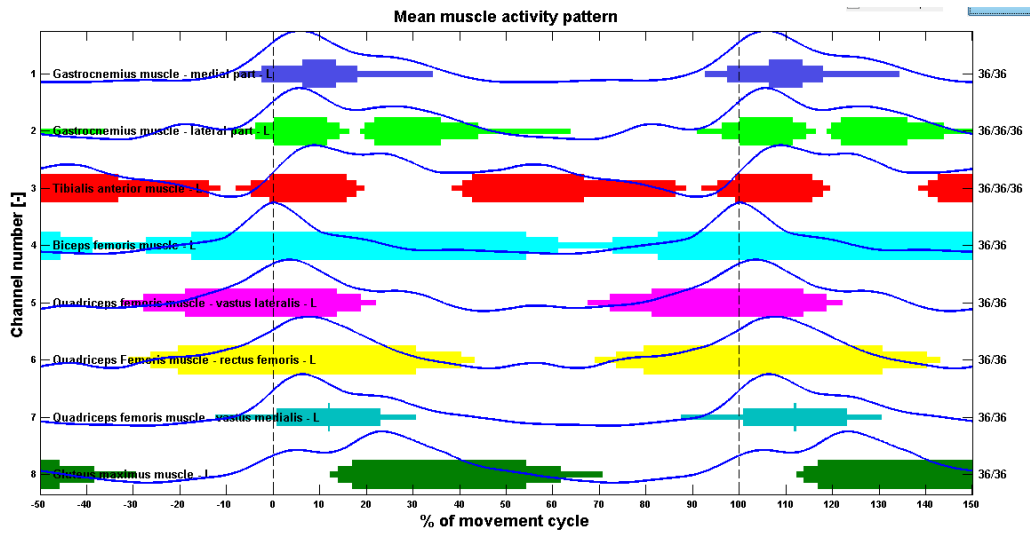
Obrázek 5 - grafické znázornění zapojení svalů při KK u P4



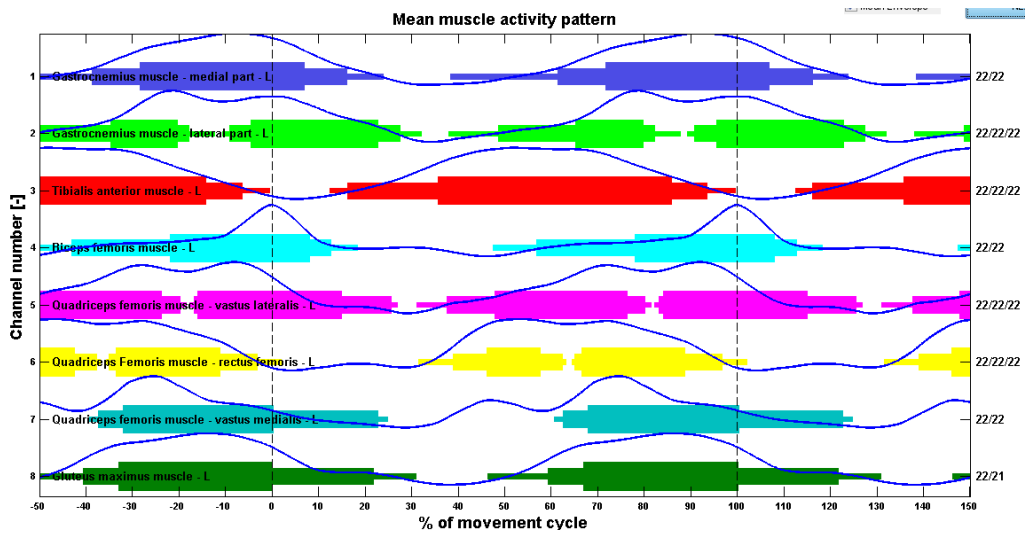
Obrázek 6 - grafické znázornění zapojení svalů při KK u P5



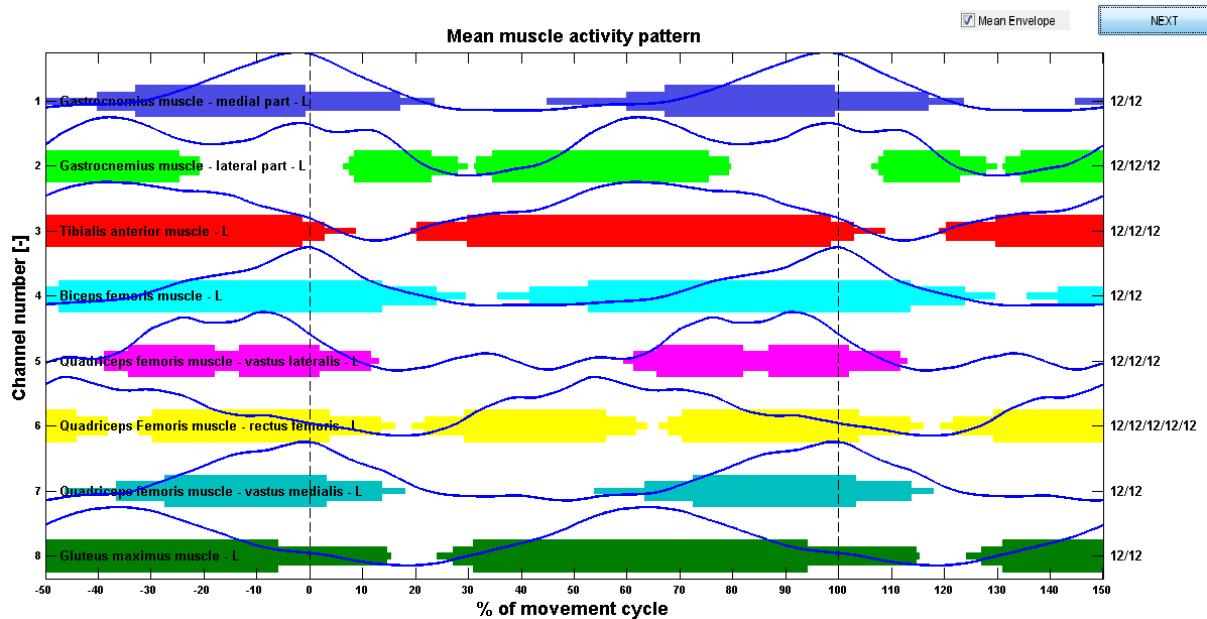
Obrázek 7 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P1



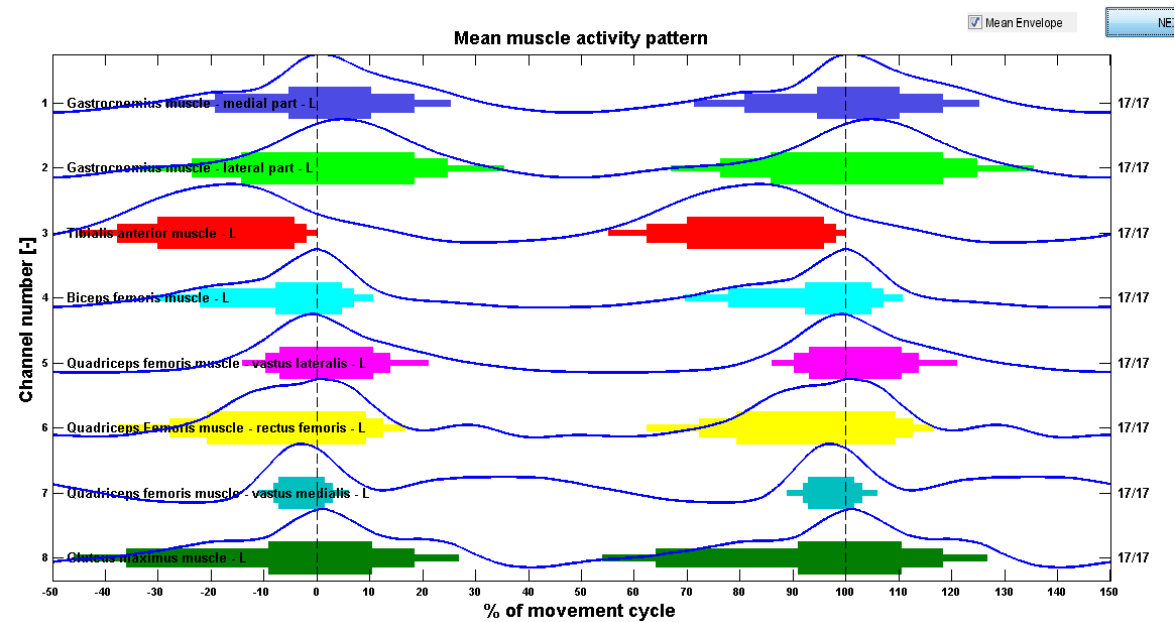
Obrázek 8 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P2



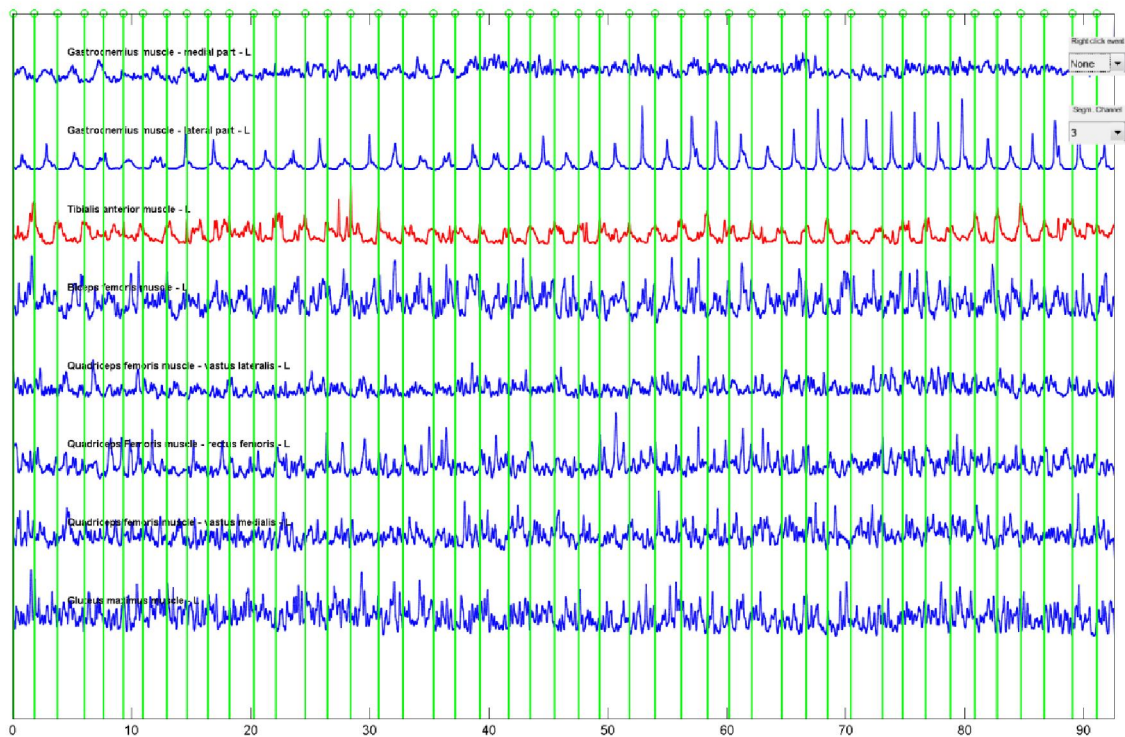
Obrázek 9 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P3



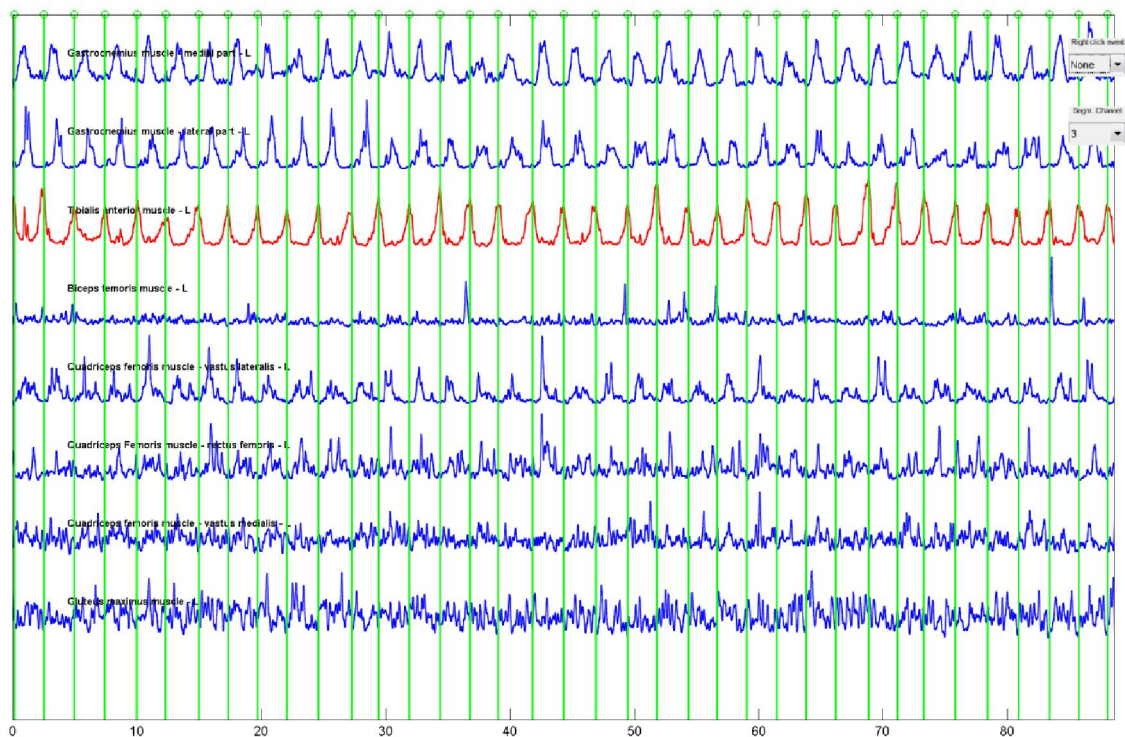
Obrázek 10 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P4



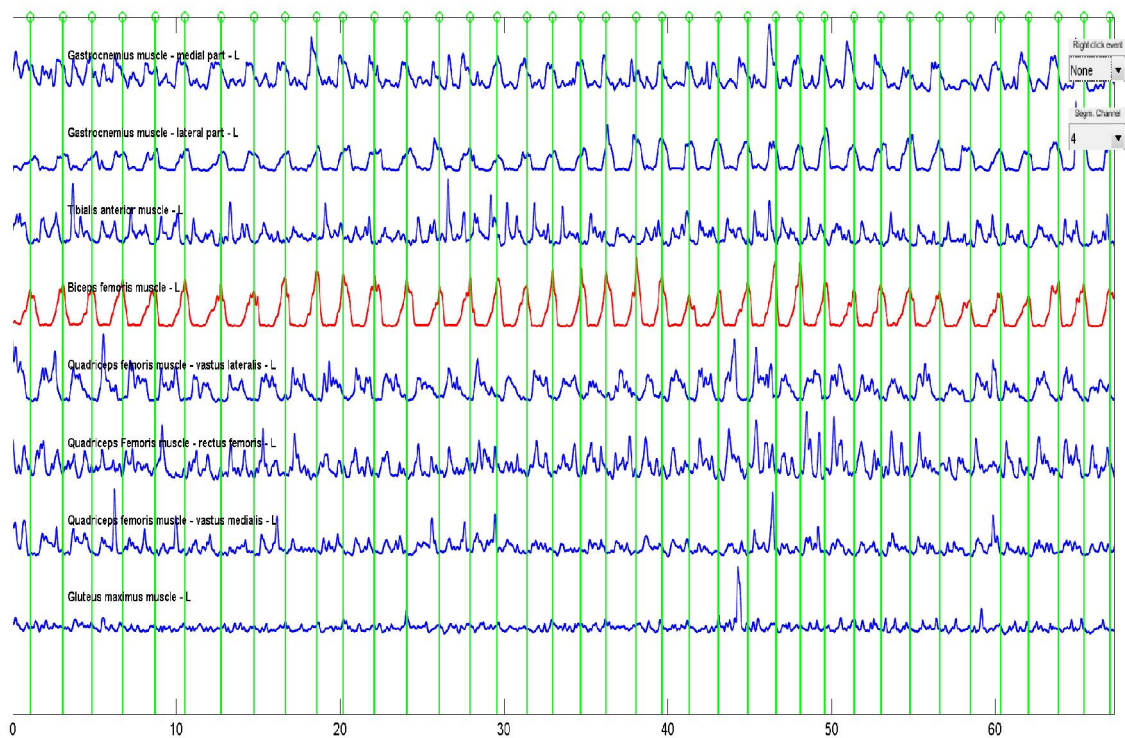
Obrázek 11 - grafické znázornění zapojení svalů při MPK u P5



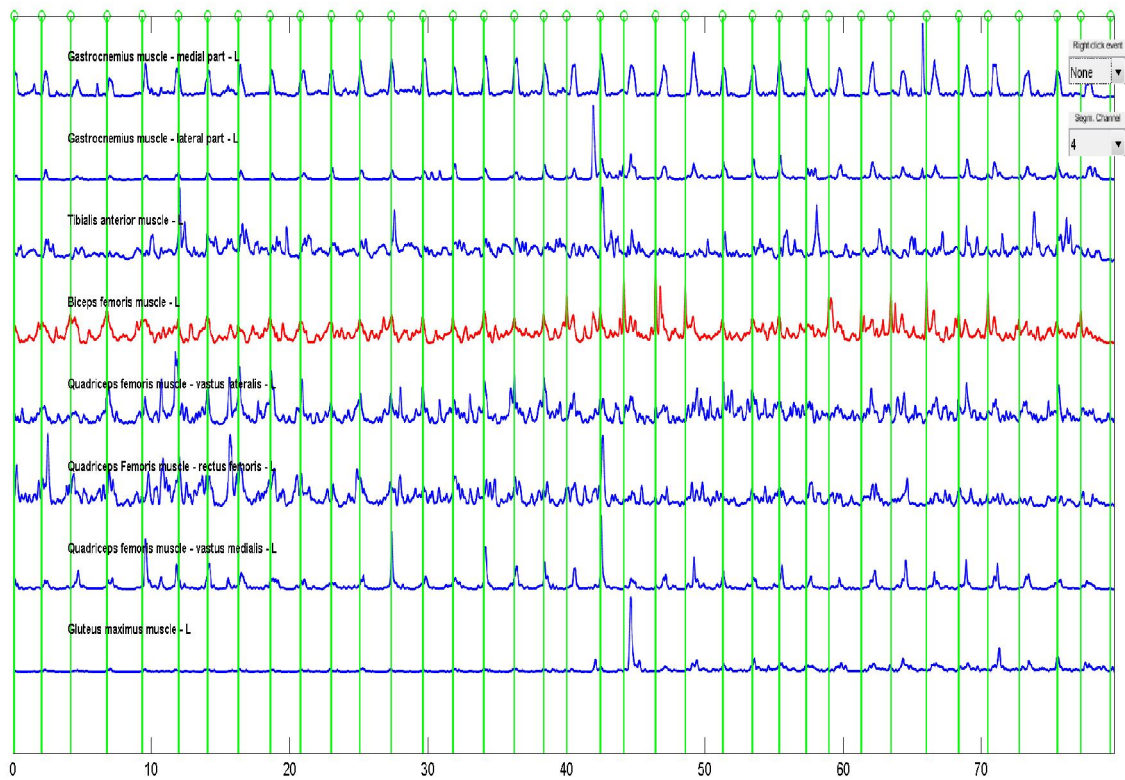
Obrázek 12 - PI, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



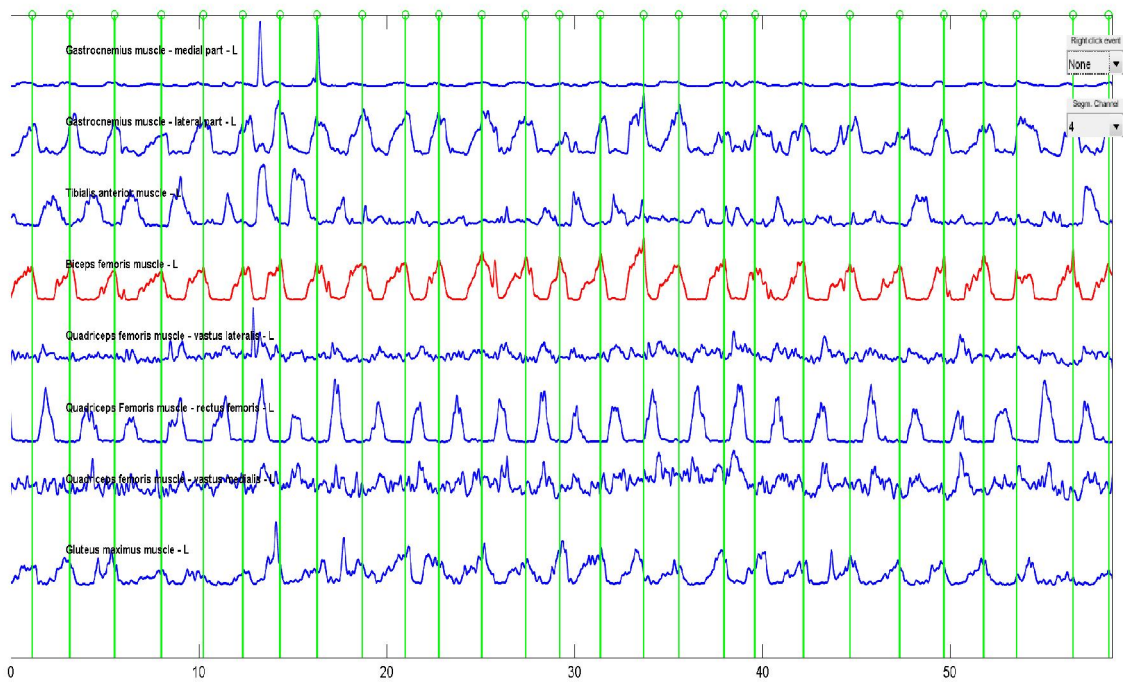
Obrázek 13- PI, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



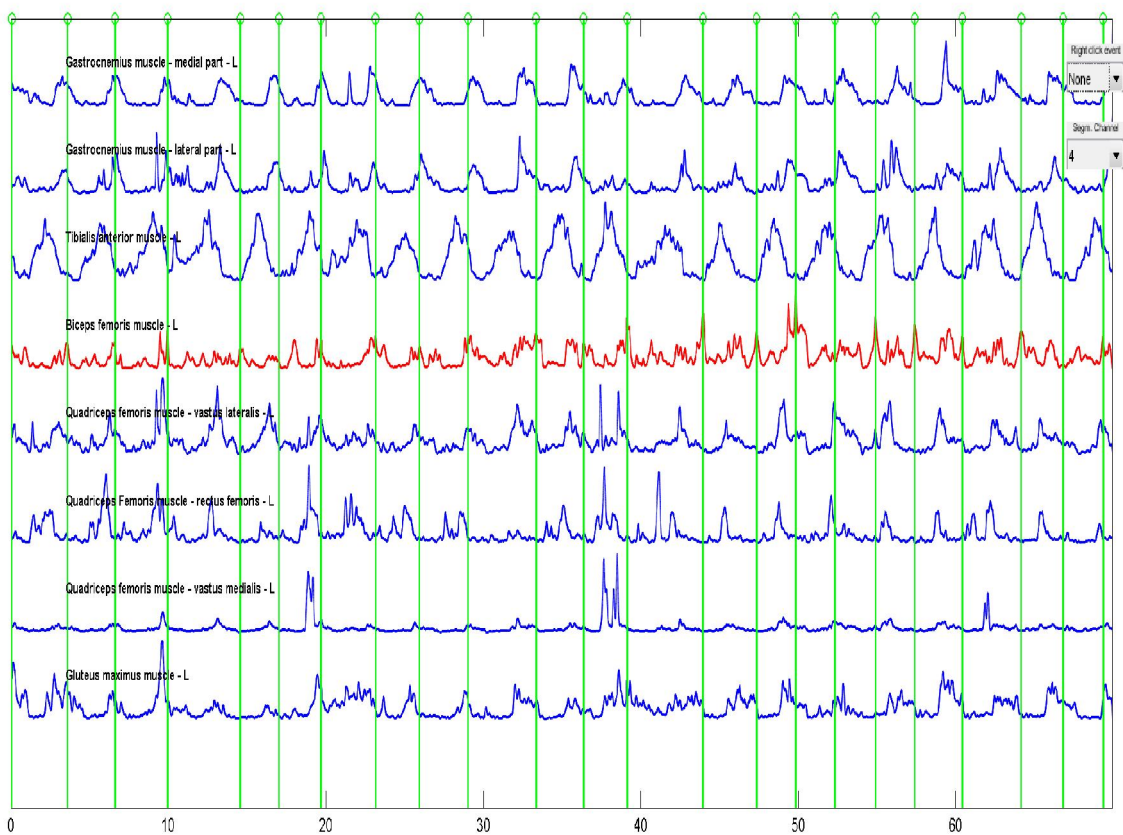
Obrázek 14- P2, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



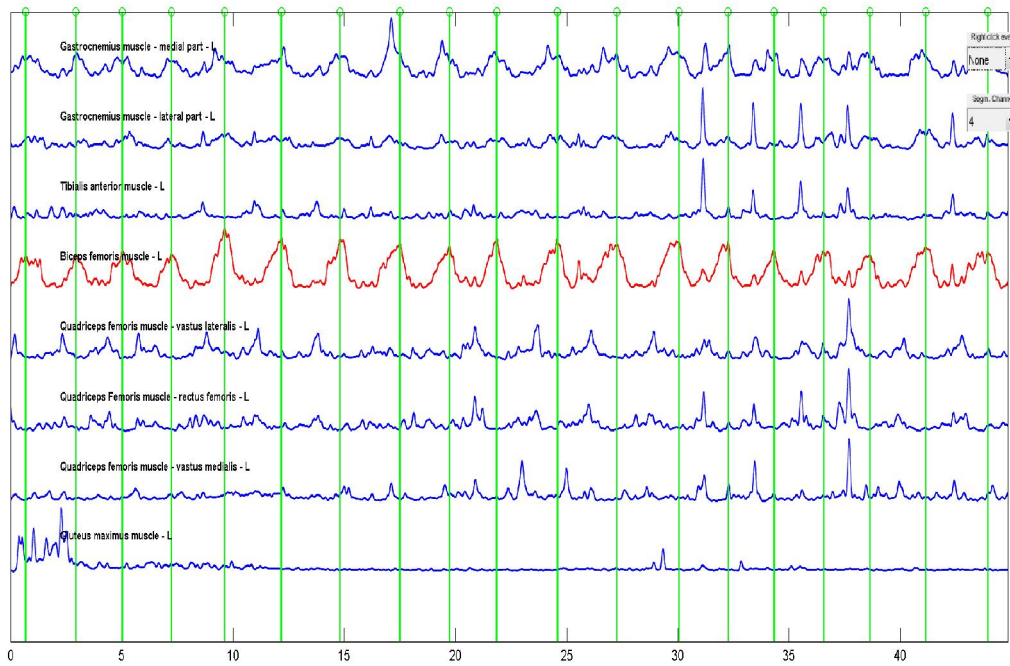
Obrázek 15 - P2, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



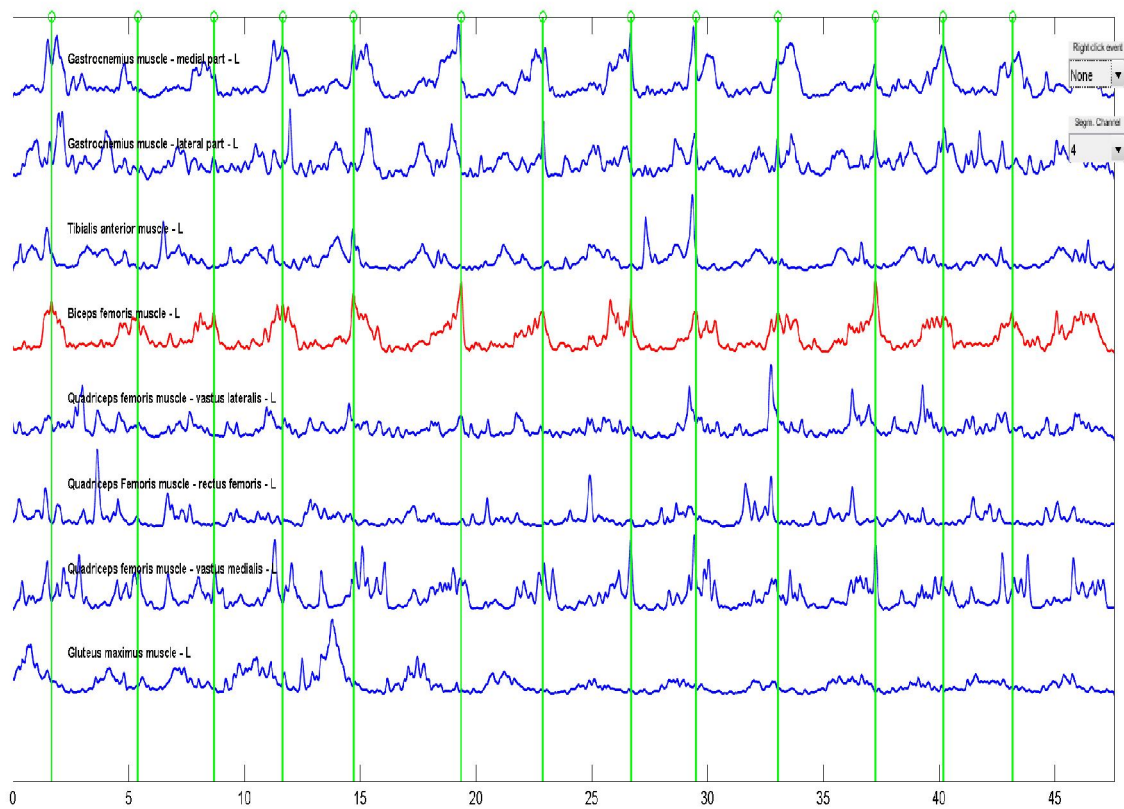
Obrázek 16 - P3, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



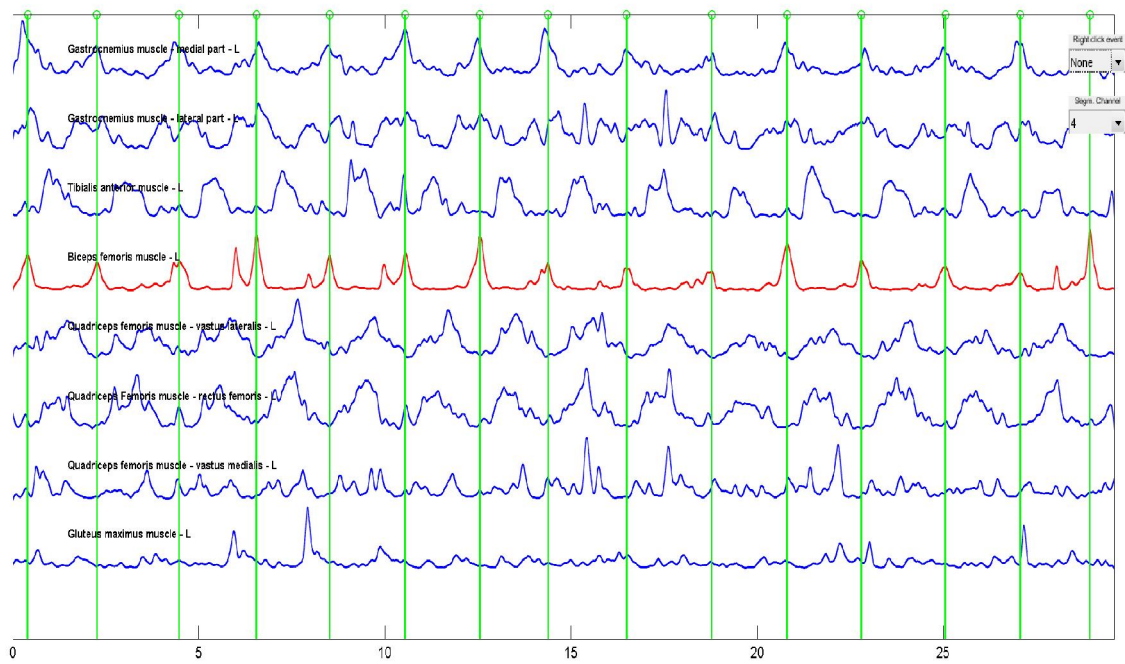
Obrázek 17 - P3, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



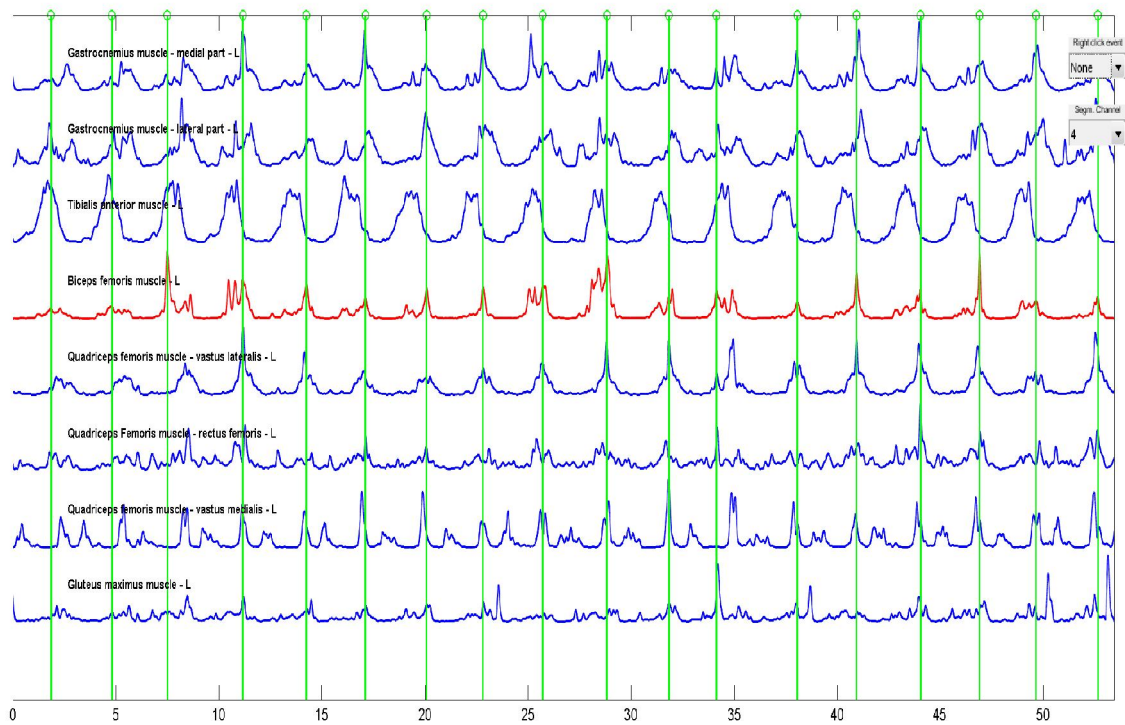
Obrázek 18 - P4, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



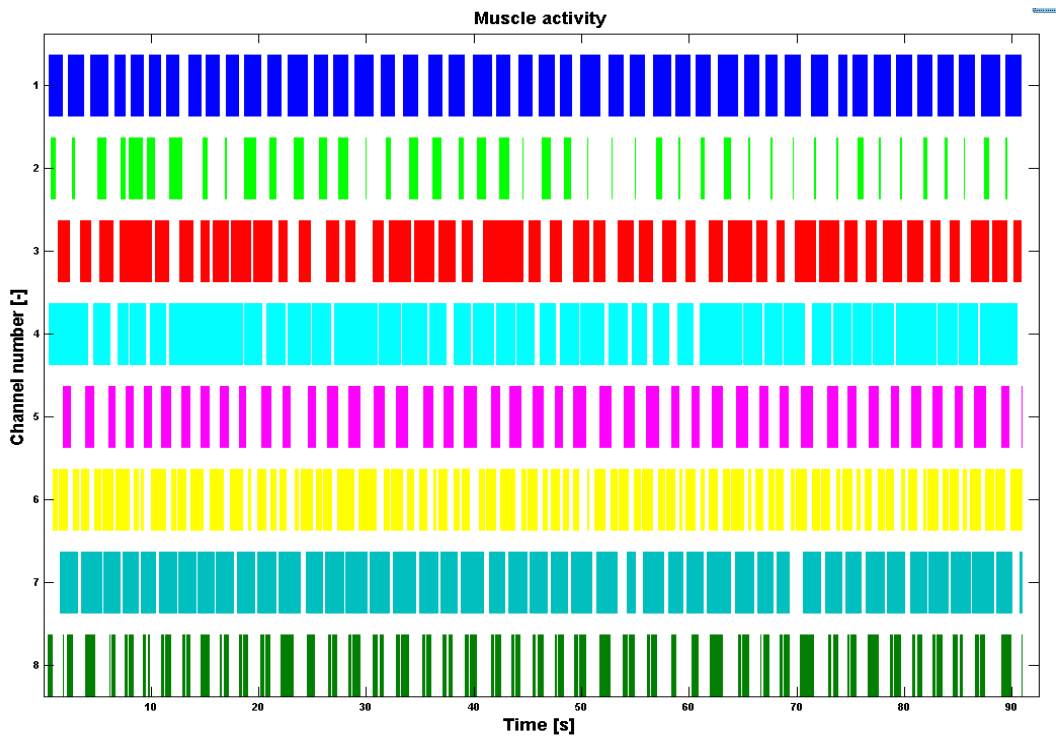
Obrázek 19 – P4, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



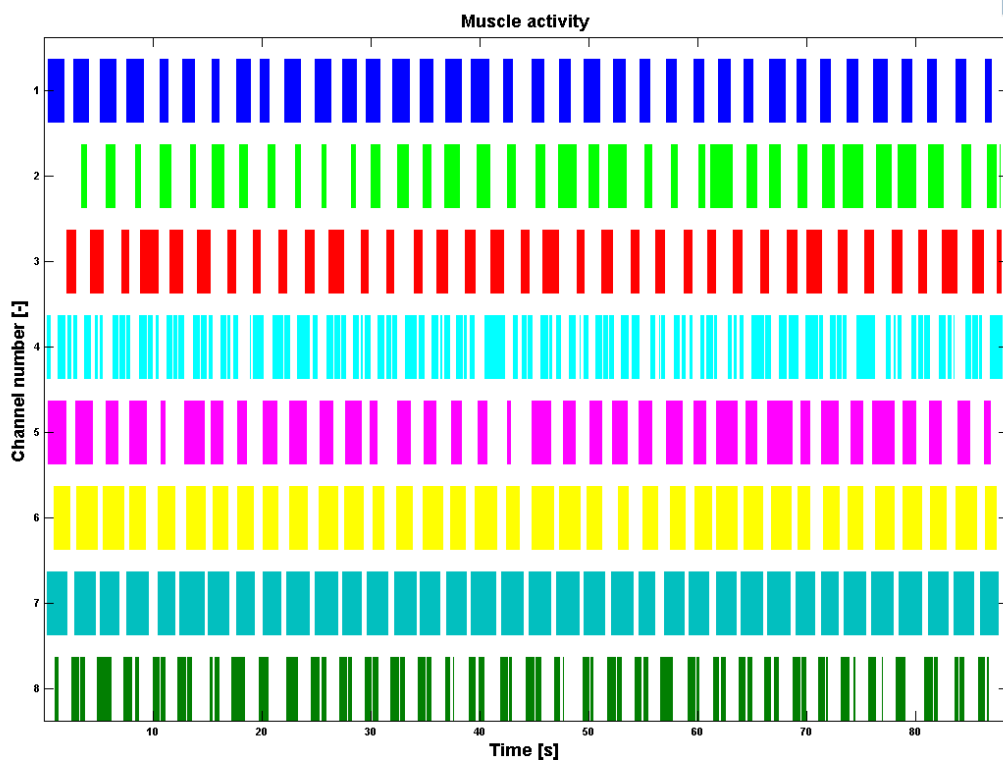
Obrázek 20 – P5, KK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



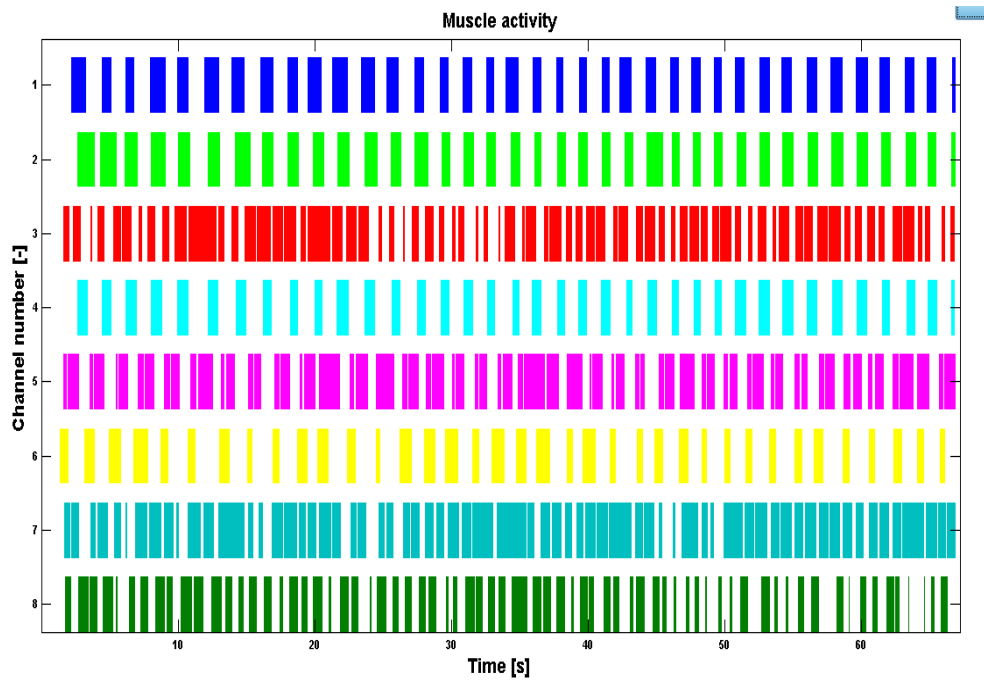
Obrázek 21 – P5, MPK, velikost signálu a frekvence zapojení svalů



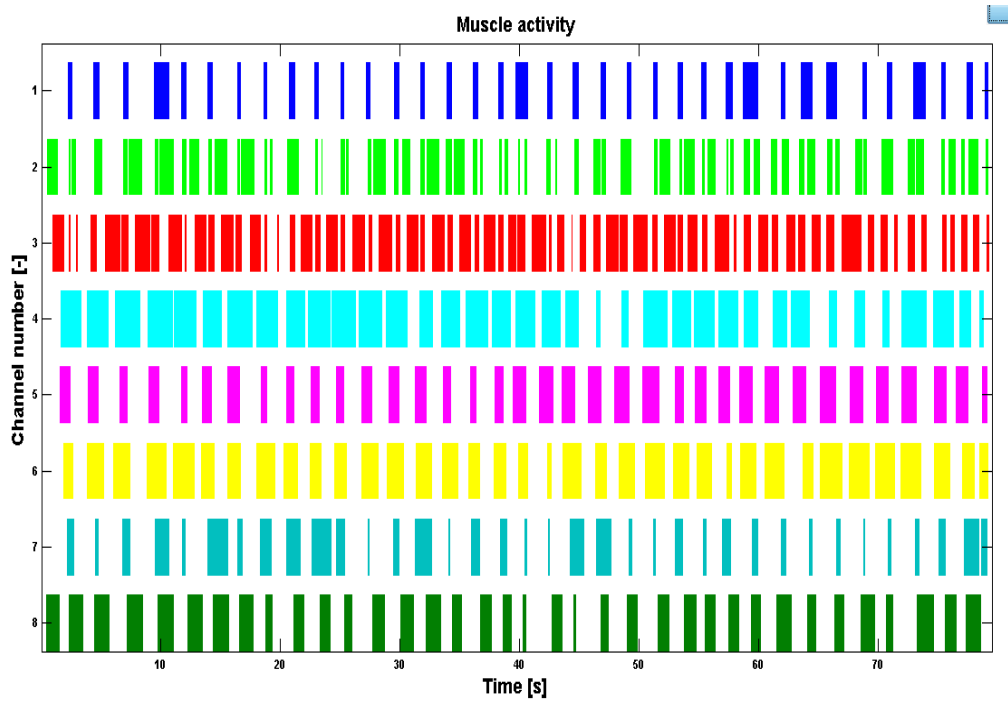
Obrázek 22 - PI, KK, grafické znázornění zapojení svalů



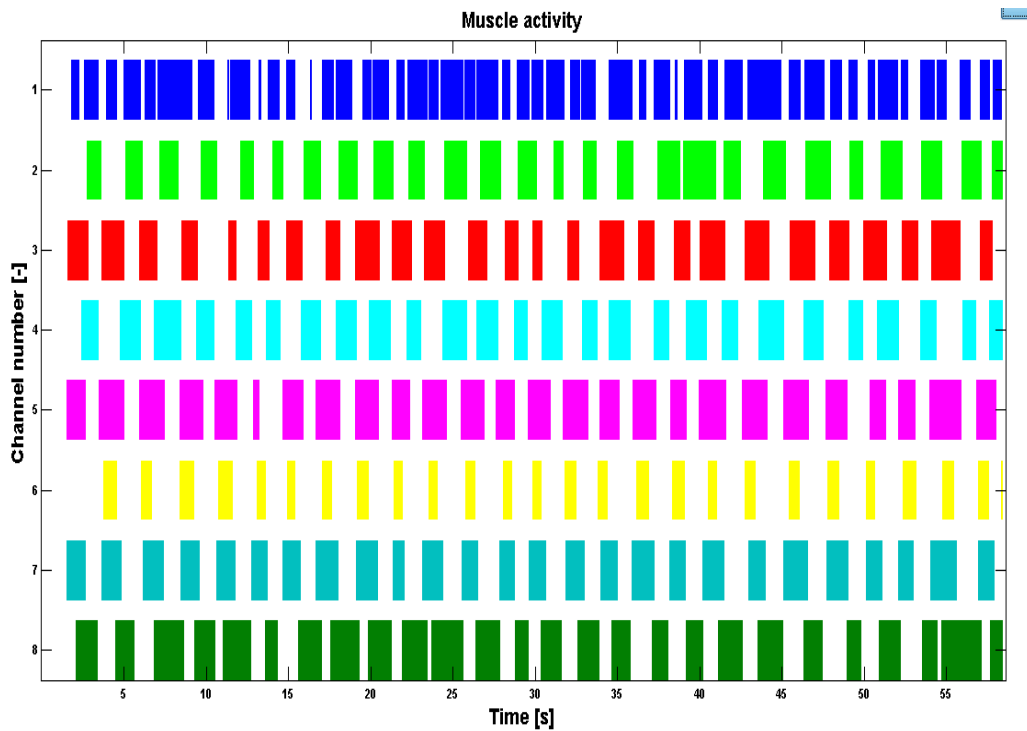
Obrázek 23 - PI,MPK, grafické znázornění zapojení svalů



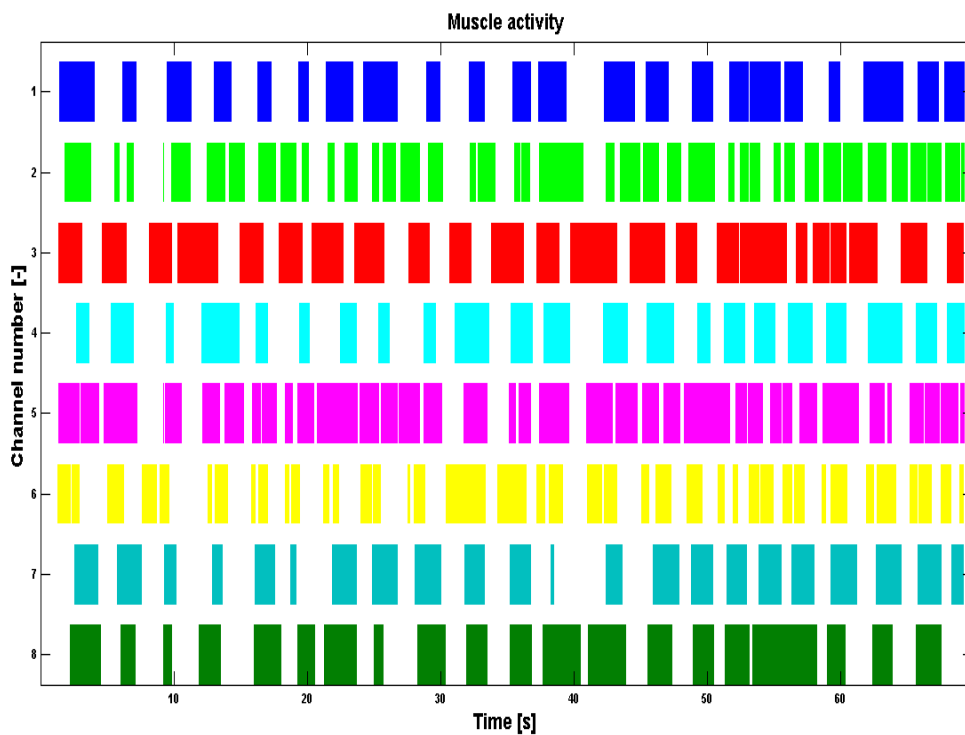
Obrázek 24 - P2, KK, grafické znázornění zapojení svalů



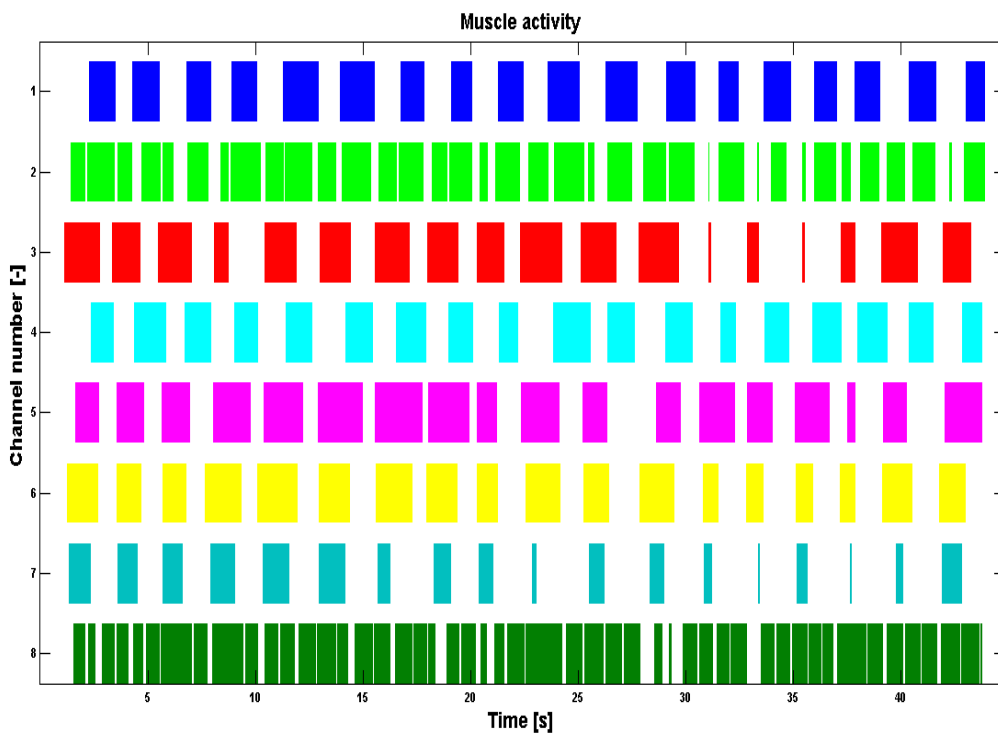
Obrázek 25 - P2, MPK, grafické znázornění zapojení svalů



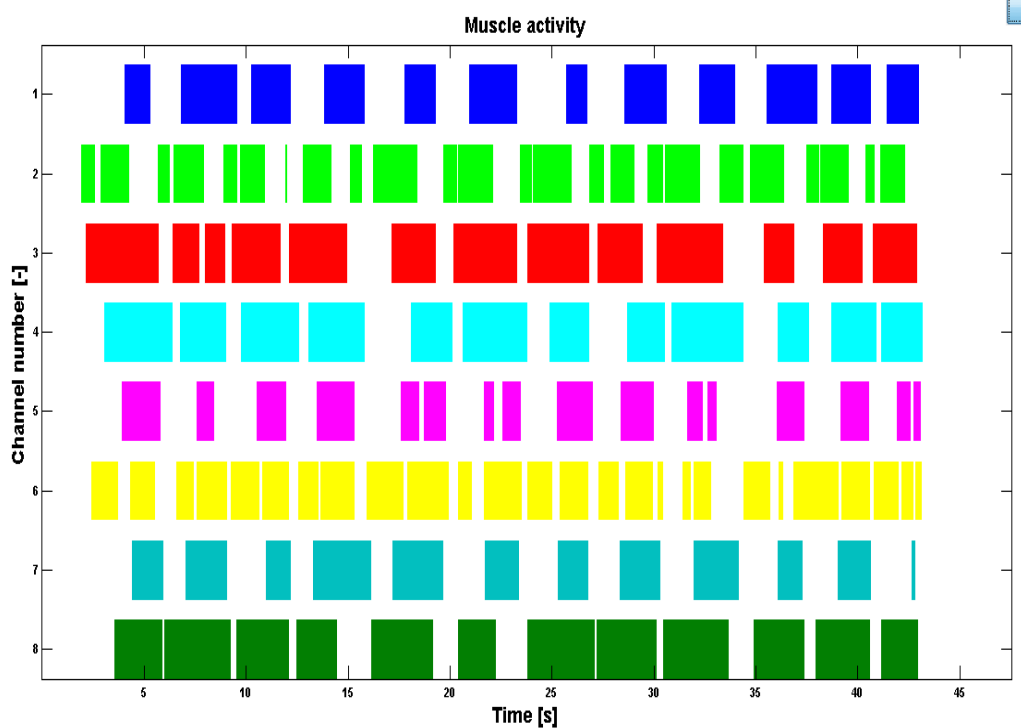
Obrázek 26 - P3, KK, grafické znázornění zapojení svalů



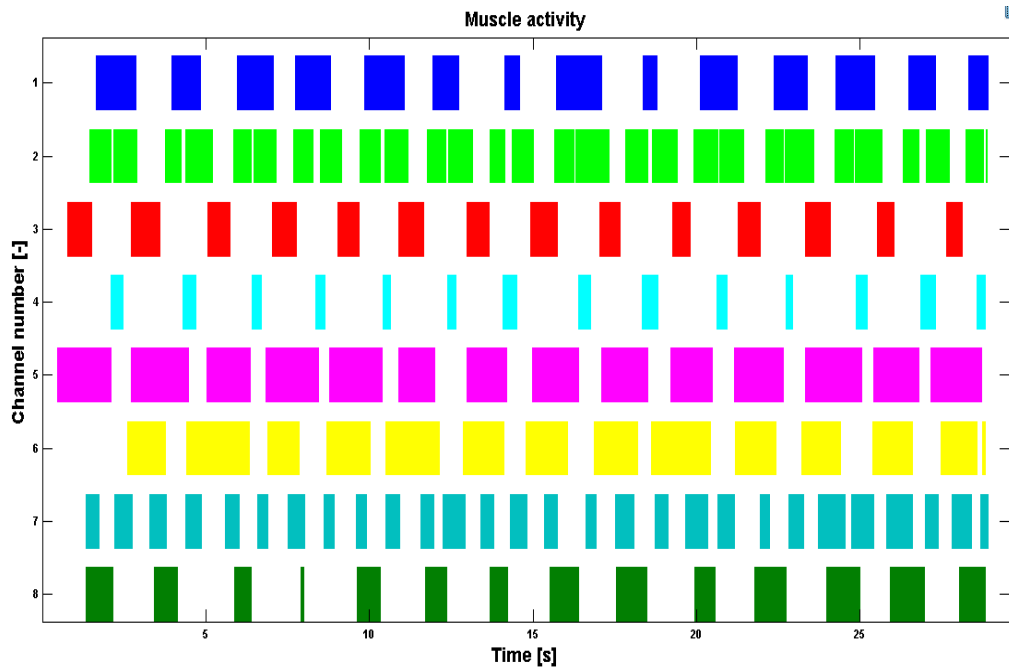
Obrázek 27 - P3, MPK, grafické znázornění zapojení svalů



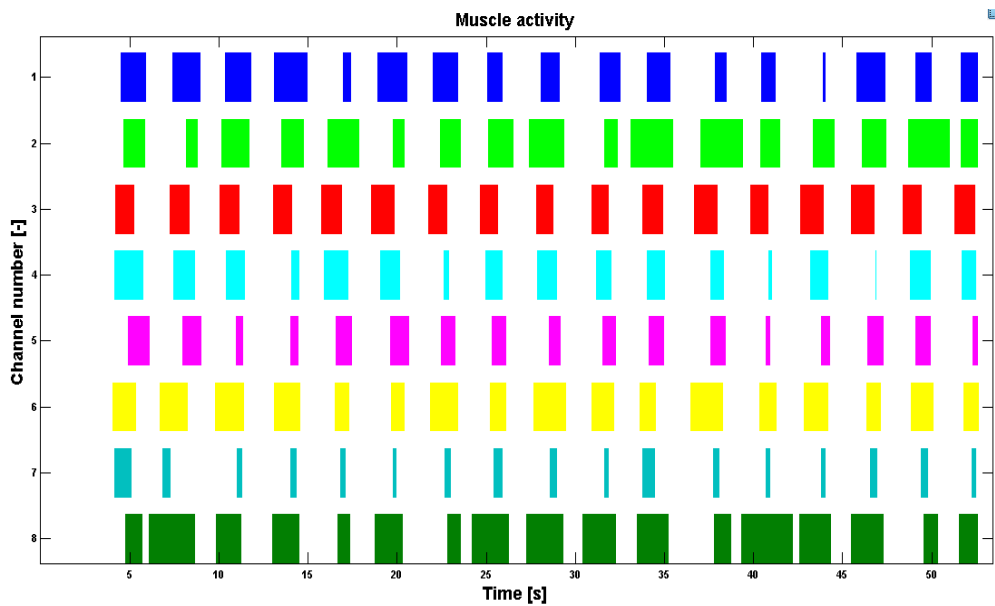
Obrázek 28 - P4, KK, grafické znázornění zapojení svalů



Obrázek 29 - P4, MPK, grafické znázornění zapojení svalů



Obrázek 30 - P5, KK, grafické znázornění zapojení svalů



Obrázek 31 - P5, MPK, grafické znázornění zapojení svalů

6 DISKUZE

6.1 Diskuze k naměřeným výsledkům

Celkově se může říci, že z uvedených výsledků lze sledovat určité interindividuální tendence, ale stále se musí připomínat, že každý potápěč má svůj osobitý styl provedení jednotlivých způsobů kopů.

Ke stejnému úkonu může být použito různé kombinace svalů v závislosti na individualitě motorického projevu i na svalech, které jsou k dispozici a na dané osobnosti, ale také dle aktuálního stavu prostředí. Mozek totiž neřídí jednotlivé svaly, ale cílené pohyby. Proto se musí brát v úvahu, že stejný pohyb je možno provést různými svaly. (Véle, 2006)

Ve výsledkové části lze dohledat, že nejvíce zapojované svaly při MPK jsou rectus femoris (proband 1, 2), m. biceps femoris (proband 2, 4) a gluteus maximus (proband 3, 5). Při KK to je vastus lateralis (proband 3, 4, 5). Je vhodné připomenout, že pro ekonomičnost pohybu je klíčové používání velkých svalových partií.

6.2 Diskuze k využití EMG ve sportu

Elektromyografie se může jevit jako vhodný prostředek pro měření aktivity svalů. Ovšem i přes velké množství klinických studií stále není vyřešena možnost přesného opakování měření (Merletti, 2004). Přesto se jen s těžší dá představit jiná lehce aplikovatelná metoda pro zkoumání zapojení jednotlivých svalů pro tuto diplomovou práci. Tato technika je používána i odborníky na sportovní diagnostiku (Cools, 2003; Oliveira, 2011; Brown, 2007).

6.3 Diskuze k využití naměřených výsledků

Naměřené výsledky mohou sloužit jako odrazový můstek pro další práce a pro bližší poznání lokomoce přístrojových potápěčů pod vodní hladinou. Např. tyto výsledky je vhodné zahrnout do přípravy kondičního plánu pro přístrojové potápěče či energetické náročnosti jednotlivých způsobů kopů.

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit, které vybrané svalové skupiny či svaly dolních končetin se nejvíce zapojují do lokomoce při specifických způsobech pohybu potápěče s přístrojem pod vodní hladinou a zároveň porovnat, kolik procent z jednoho záběrového cyklu jsou aktivní právě měřené svaly a o kolik procent se jejich zapojení liší v jednotlivých specifických pohybech pod vodní hladinou.

Stanovené cíle a úkoly byly splněny. Z výsledků vyplývá, že nejvíce zapojované svaly při MPK jsou rectus femoris (proband 1, 2), m. biceps femoris (proband 2, 4) a gluteus maximus (proband 3, 5). Při KK to je vastus lateralis (proband 3, 4, 5). V tabulce 4 lze dohledat, o kolik procent z jednoho záběrového cyklu, se svaly zapojovaly více, a zda to bylo u KK či MPK. Jde zde nalézt jisté interindividuální tendence, podobně jako v tabulce 5 a tabulce 6, které znázorňují procento, kdy sval vstupuje do záběrového cyklu a ukončuje svou činnost v záběrovém cyklu.

Sledovaná skupina se skládala z pěti probandů, kteří splňovali normy dle ČSN EN 14153-3 3 (2004). Není proto možné naměřené výsledky zobecňovat. Bylo by vhodné se v této problematice dále věnovat a rozšířit výzkum. Pro ucelenější názor by bylo zajímavé porovnat spotřebu vzduchu při jednotlivých záběrech, popřípadě efektivnost záběru.

8 PŘEHLED POUŽITÝCH ZDROJŮ

BALVÍN, V., MOTL, M. Vyhodnocení rychlostí proudění v bazénu s protiproudem. Výzkumný ústav vodohospodářský, 2010.

BROWN, J., WICKHAM, J., McANDREW, D., HUUANG, X., *Muscles within muscles: Coordination of 19 muscle segments within free shoulder muscles during isometric motor tasks. Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2007, Vol. 17, No. 1, p. 57 – 73.

BY JOHN G. WEBSTER, By John G. editor in chief. *Encyclopedia of medical devices. 2nd ed. New York: Wiley*, 2006. ISBN 978-047-1732-877.

CIBULČÍK, F., ŠÓTH. J. *EMG atlas: základná príručka elektromyografických technik*. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 1998, 100 s. ISBN 80-806-3001-1.

Clarys, J. P.: The Brussels swimming EMG project. *Swimming Science V. International Series on Sport Sciences Volume 18*. Illinois, USA. Human Kinetics Books 1988.

COOLS, A., WITROUW, E., DECLERCQ, G., DANEELS, L., CAMBIER, D. *Scapular Muscle Recruitment Patterns: Trapezius Muscle Latency with and without Impingement Symptoms. The American Journal of Sports Medicine*, 2003, Vol. 31, No. 4, p. 542 – 549.

CRAM, J., R. *The History of Surface Electromyography. Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2003, 2/28, s. 81-91.

CULKOVÁ, Kateřina. *PLAVECKÝ ZPŮSOB KRAUL*. Brno: MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ, 2008.

ČECHOVSKÁ, Irena a Tomáš MILER. *Plavání. 2., upr. vyd.* Praha: Grada, 2008, 127 s. ISBN 978-80-247-2154-5.

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1. 3., upr. a dopl. vyd.* Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Praha: Grada, 2011, 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.

ČSN EN 14153-2 2. *Rekreační potápění - Minimální bezpečnostní požadavky na výcvik rekreačních potápěčů v přístrojovém potápění: Část 2: 2. kvalifikační stupeň - Samostatný potápěč*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

DE LUCA, C.,J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*. 1997, 13, s. 135-163.

DESCHEL, G., EISEN, A., *Doporučení pro praxi v klinické neurofyziologii: Standardy Mezinárodní federace klinické neurofyziologie. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, suplement č. 52 Elsevier, 1999.

Dir.cz: [online], [cit. 2015-07-24]. Dostupné na < <http://www.dir-cz.cz/node/20>>.

Divernet: [online], [cit. 2015-04-24]. Dostupné na <http://www.divernet.com/other_diving_topics/160703/5_ways_to_better_finning.html>.

DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-760-5.

DUFEK, J. *Elektromyografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. 102 s. Učební text. ISBN 80-7013-208-6.

DVOŘÁKOVÁ, Zuzana a Zbyněk SVOZIL. *Potápění: základy potápění, výcvik a vybavení, potápěčské sporty*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 97 s. ISBN 80-247-1100-1.

DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Textbook of Medical Physiology*. Michigan: Elsevier Saunders. 2006. 1116 p. ISBN 978-0-7216-0240-0.

HOFER, Z. a kol. *Technika plaveckých způsobů*. Praha: Univerzita Karlova, 2003. ISBN 80-246-0169-9.

KÄSINGER, Heinz a Paul W MUNZINGER. *Šnorchlování*. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 2004, 159 s. ISBN 80-723-2230-3.

KELLER, O. *Obecná elektromyografie: fyziologické základy a elektrofyzilogická vyšetření se zvláštním zřetelem k rozboru potenciálů motorické jednotky*. Praha: Triton, 1999, 173 s. ISBN 80-725-4047-5.

KOUBA, J. Nový bazén flume v laboratoři FTVS. *Bazén a Sauna*, 2010, č. 1/2, s. 12–13.

KOZEL, Tomáš. *Porovnání srdeční frekvence, hladiny laktátu a rychlosti plavání v proudnicovém kanále a plaveckém bazénu*. Praha, 2011. Diplomová práce. Fakulta tělesné výchovy a sportu UK. Vedoucí práce PaedDr. Josef Horčic Ph.D.

KROBOT, A. KOLÁŘOVÁ, B. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, 82 str., ISBN 978-80-244-2762-1.

MASUMOTO, K. TAKASUGI, S., HOTTA, N., FUJISHIMA, K., IWAMOTO, Y. *Electromyographic Analysis of Walking in Water in Healthy Humans*. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2004, roč. 23, č. 4, s. 119-127, ISSN:1347-5355.

MAŤÁK, Jindřich a kol. *Malá škola potápění*. Praha: MODELA, ÚV Svazu pro spolupráci s armádou, 1977.

MCLEOD, Ian. *Plavání - anatomie: [váš ilustrovaný průvodce k dosažení síly, rychlosti a vytrvalosti]*. 1. vyd. Brno: CPRESS, 2014, 192 s. ISBN 978-80-264-0576-4.

Megaemg: [online], [cit. 2015-06-25]. Dostupné na
<<http://www.megaemg.com/products/biomonitor-me6000/>>

MELICHNA, Jan. *Fyziologie tělesné zátěže: Speciální část*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova - Vydavatelství Karolinum, 1995, 162 s. ISBN 80-718-4039-4.

MERLETTI, Roberto a Philip PARKER. *Electromyography: physiology, engineering, and noninvasive applications*. Hoboken, NJ: IEEE/John Wiley, c2004, xxii, 494 p. ISBN 04-716-7580-6.

MIYOSHI, T., SHIROTA, T., YAMAMOTO, S., NAKAZAWA, K., AKAI, M., *Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water*. *Disability and Rehabilitation*, 2004, č. 12, roč. 26., s. 724-732.

MOUNTAIN, Alan. *Potápění*. Dopln. a přeprac. vyd. Praha: Svojtka & Co., 1998, 160 s. ISBN 80-7237-134-7.

NOVOMESKÝ, František. *Potápěčská medicína*. 1. české vyd. Martin: Osveta, 2013, 415 s. ISBN 9788080633974.

OLIVEIRA, L., MOREIRA, C., CARVALHO, P. *Electromyographic analysis of impingement syndrom: comparison in volleyball athletes*. *Journal of Sport Sciences*, 2011, Vol. 11, No. 2, p. 759 – 762.

PENHAKER, Marek. *Lékařské diagnostické přístroje: učební texty*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004, 320 s. ISBN 80-248-0751-3.

PÖYHÖNEN, T., KESKINEN, K. L., KYRÖLÄINEN, H., HAUTALA, A., SAVOLAINEN, J., MÄLKIÄ, E., *Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land*. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2001, roč. 82, č. 10, s. 1446-1442.

PÖYHÖNEN, T., KESKINEN, K. L., HAUTALA, A., SAVOLAINEN, J., MÄLKIÄ, E. *Human isometric force production and elektromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land*. *Eur J Appl Physiol.*, 1999, roč., s. 52-56.

RODOVÁ, D.; MAYER, M.; JANURA, M.: *Současné možnosti využití povrchové elektromyografie, Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2001, roč. 8, č. 4, str. 173-177, ISSN: 1211-2658.

SOMERS, Lee H. *Open Water Scuba Diver*. International Association of Nitrox and Technical Divers, Inc., 1997.

Tělesná výchova. studentské: [online], [cit. 2015-05-25]. Dostupné na <
http://telesna-vychova.studentske.eu/2008/03/biomechanick-analza-plaveckch-styl_19.html>.

VÉLE, F. *Kineziologie*. Praha: Triton, 2006, ISBN 978-80-7254-837-8.

VONDRÁŠEK, D. *Úprava protiproudého bazénu pro experiment analýzy efektivity specifických způsobů plavání s ploutvemi při přístrojovém potápění*. Praha, 2013.

Kreditní práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
Školitel doc. MUDr. Jan Heller, CSc..

VRBOVSKY, Vladimír, Jan JAHNS, Jiří ŠTĚTINA, Arnošt RŮŽIČKA, Milan NACHTIGAL a HRDINA. *Potápění s přístrojem*. Praha: Svaz potápěčů české republiky.

Wikipedia: [online], [cit. 2015-03-25]. Dostupné na
<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromyografie>>.

Přílohy:

Příloha č. 1 Vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2 Informovaný souhlas



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Zapojení svalových skupin při specifických způsobech pohybu pod vodní hladinou

Forma projektu: diplomová práce

Autor: Bc. Radek Matoušek

Školitel: Mgr. David Vondrášek

Popis projektu:

Probandi budou měřeni při specifických pohybech pod vodní hladinou ve flumu v budově FTVS. K analýze vybraného souboru probandů bude použito povrchové EMG. Měření jednoho probanda potrvá přibližně 20 minut.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Nebudou použity žádné invazivní techniky. Během testování bude přítomen zkušený potápěč, plavčík, fyzioterapeut.

Etické aspekty výzkumu:

Bude zachována anonymita dat probandů.

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 17.12.2014

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 240/2014

dne: 18. 12. 2014

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy

UNIVERZITA KARLOVA v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

.....
podpis předsedy EK

Informovaný souhlas

Žádám Vás o souhlas k provedení měření aktivity svalů pomocí povrchového EMG při specifických způsobech pohybu pod vodní hladinou a následnému zpracování a uveřejnění výsledků měření v rámci diplomové práce na FTVS UK studentem Bc. Radkem Matouškem.

Doba měření jednoho probanda je odhadována zhruba na 20 minut. Testovaný bude měřen ve flumu v budově FTVS. Záznam měření je pomocí povrchového EMG, jedná se o metodu neinvazivní. Testovaný absolvuje měření z vlastní vůle a bez nároku na honorář.

Testovaný byl dnešním den poučen odborným pracovníkem o plánovaném měření. Prohlašuje a svým dále uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuje, že odborný pracovník poskytl poučení a osobně vysvětlil vše, co je obsahem tohoto písemného informovaného souhlasu. Testovaný měl možnost klást otázky, na které mu bylo řádně odpovězeno.

Testovaný prohlašuje, že uvedenému poučení plně porozuměl a výslovně souhlasí s účastí na projektu, souhlasí s uveřejněním výsledků šetření v rámci diplomové práce. Data získaná měřením nebudou v žádném případě zneužita, osobní data nebudou zveřejněna.

Osoba, která provedla poučení: Bc. Radek Matoušek

Podpis osoby, která provedla poučení:

V Praze, dne: 13.11.2014