

## **Přílohy:**

Příloha 1 – vyjádření etické komise

Příloha 2 – informovaný souhlas účastníka výzkumu

Příloha 3 – srovnání dynamiky opory u běhu

Příloha 4 – komponenty reakční síly podložky při akcelerovaném běhu – 1. krok

Příloha 5 – srovnání reakční síly u dálkařského a výškařského odrazu

Příloha 6 – porovnání reakční síly podložky u dvou exekucí odrazu do překážky

Příloha 7 - EMG, dynamometrie a kinematické parametry při běhu – dlouhá oporová fáze

Příloha 8 – EMG, dynamometrie a kinematické parametry při běhu – krátká oporová fáze

Příloha 9 - EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 1. krok

Příloha 10 - EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 1. krok

Příloha 11 - EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 2. krok

Příloha 12 - EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 2. krok

Příloha 13 – EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do dálky

Příloha 14 – EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do dálky

Příloha 15 – EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do výšky

Příloha 16 – EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do výšky

Příloha 17 – EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz na překážku

Příloha 18 – EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz na překážku

# Příloha 1



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín  
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: Myodynamika oporové fáze při odrazových pohybech člověka

Forma projektu: ~~výzkum základní / aplikovaný (u zaměstnanců)~~  
doktorská disertační práce

Autor (hlavní řešitel): mgr. Vladimír Hojka

spoluřešitelé: ing. Petr Kubový

Školitel (v případě studentské práce): Prof. Ing. Stanislav Otáhal, CSc.

### Popis projektu

Cílem projektu je identifikace individuální optimální strategie pro řešení odrazových pohybů člověka v různém provedení podle předem stanovených kritérií. Výzkum bude prováděn na jedincích s určitou mírou pohybové zkušenosti v oblasti diferenciací odrazových pohybů. Základní zkoumané pohyby jsou cyklický švihový běh, jízda na koloběžce, šlapavý způsob běhu, odraz do výšky, odraz do dálky a odraz pro překonání překážky. Uvedené činnosti mají za úkol během oporové fáze zajistit žádoucí provedení pohybu nebo nastavení dílčích vstupních podmínek pro pohyby následně.

Všechny uvedené experimentální procedury jsou neinvazivního charakteru.

### Informovaný souhlas (příložen)

Všichni účastníci výzkumu jsou dobrovolníci, kteří nebudou nárokovat honorář. Výzkum bude probíhat anonymně.

V Praze dne

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.

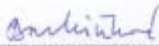
Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0149/2010

dne: 29.10.2010

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.

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

  
podpis předsedy EK

## **Příloha 2**

### **Informovaný souhlas účastníka výzkumu**

Projekt „Myodynamika oporové fáze při odrazových pohybech člověka“ zahrnuje několik neinvazivních detekčních metod. Metody vyžadují určité nároky na přípravu jedince. Tyto nároky jsou především u povrchové elektromyografie:

- oholení a očištění pokožky lékařským lihem
- aplikace konduktivního gelu
- uchycení elektrod a izolovaných vodičů nevodivou páskou

System pro časoprostorovou analýzu vyžaduje uchycení reflexních markerů přímo na pokožku pomocí oboustranné lepicí pásky na jednotlivé klouby dolních končetin.

Tenzometrie nevyžaduje žádné specifické nároky.

Výsledky studie budou prezentovány v odborných publikacích na konferencích a specializovaných předmětech na UK FTVS.

Během experimentu bude pořizován obrazový záznam dílčích pokusů, který bude sloužit jednak ke sladění metod a jednak při prezentaci výsledků.

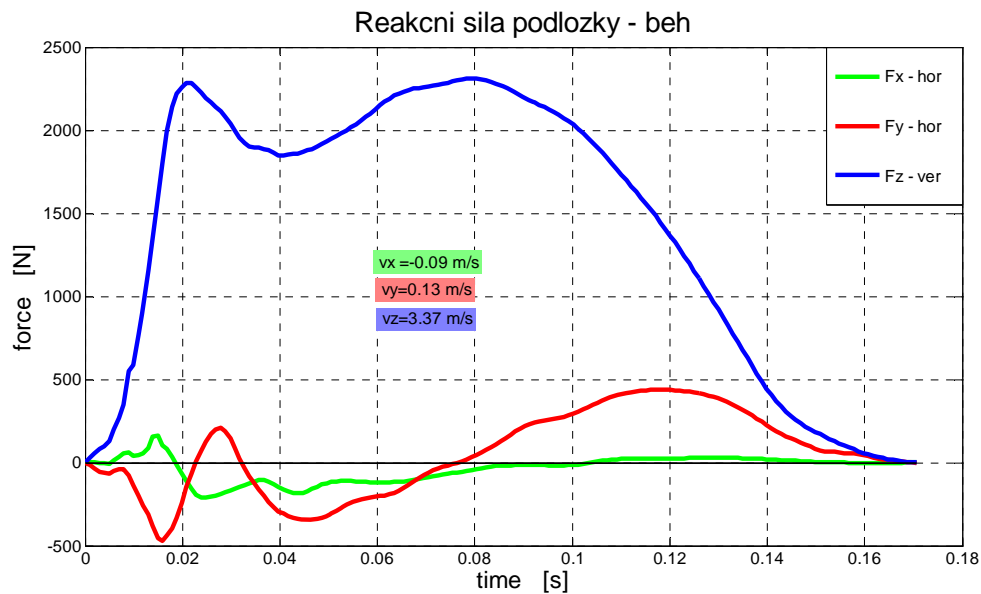
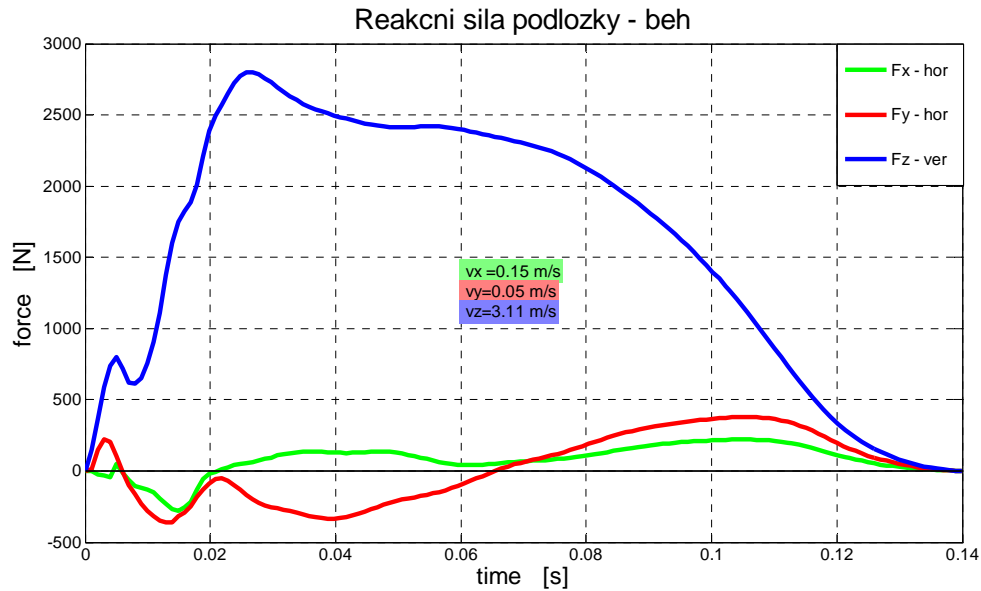
Tímto podpisem potvrzuji, že jsem si vědom všech náležitostí uvedeného výzkumu. Souhlasím s účastí své osoby v experimentálním výzkumu:

Datum:

Podpis testovaného: .....

## Příloha 3

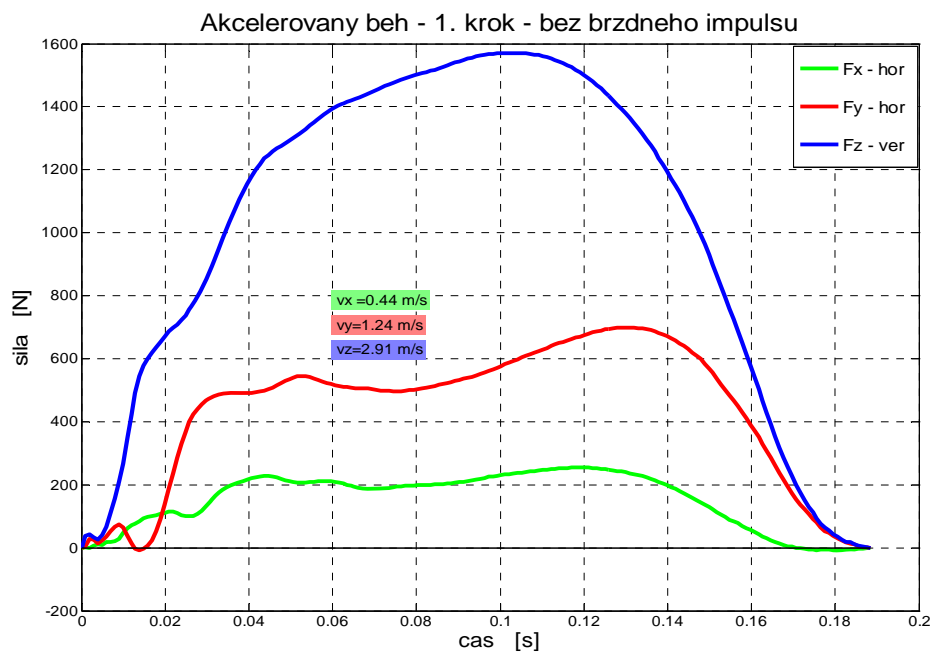
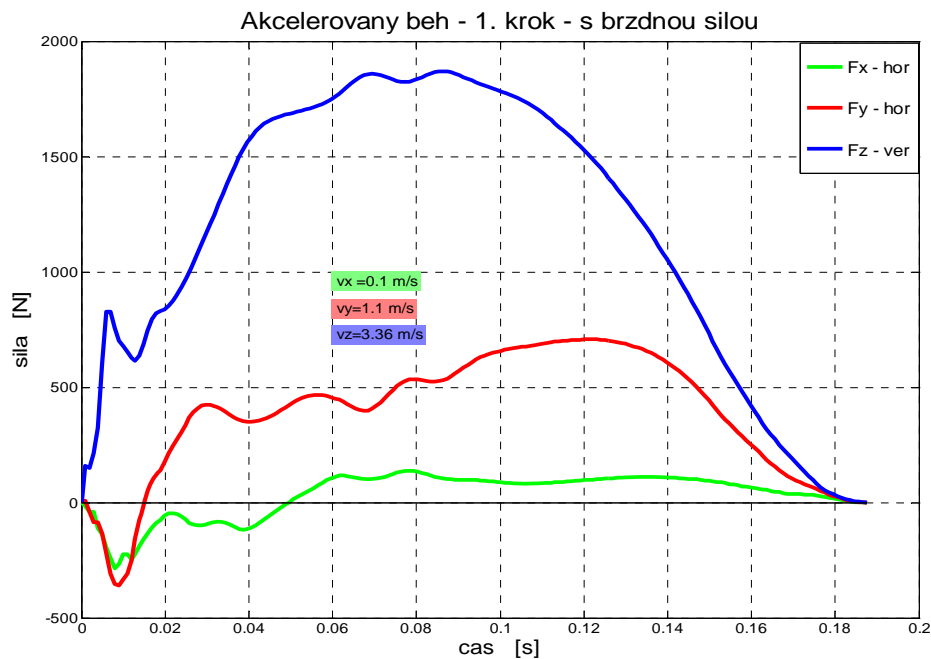
### Srovnání dynamiky opory u dvou provedení běžeckého odrazu



Na horním grafu je prezentována oporová fáze při běhu s délkou trvání 138 ms s dominantním pasivním vrcholem vertikální komponenty (modrá křivka 27 ms po dokroku). V dolním grafu je prezentována delší oporová fáze (166 ms) s typicky dvouvrcholovou vertikální komponentou reakční síly podložky. Červená křivka zobrazuje brzdňou/propulsní komponentu reakce, zeleně je zobrazena laterální komponenty síly.

## Příloha 4

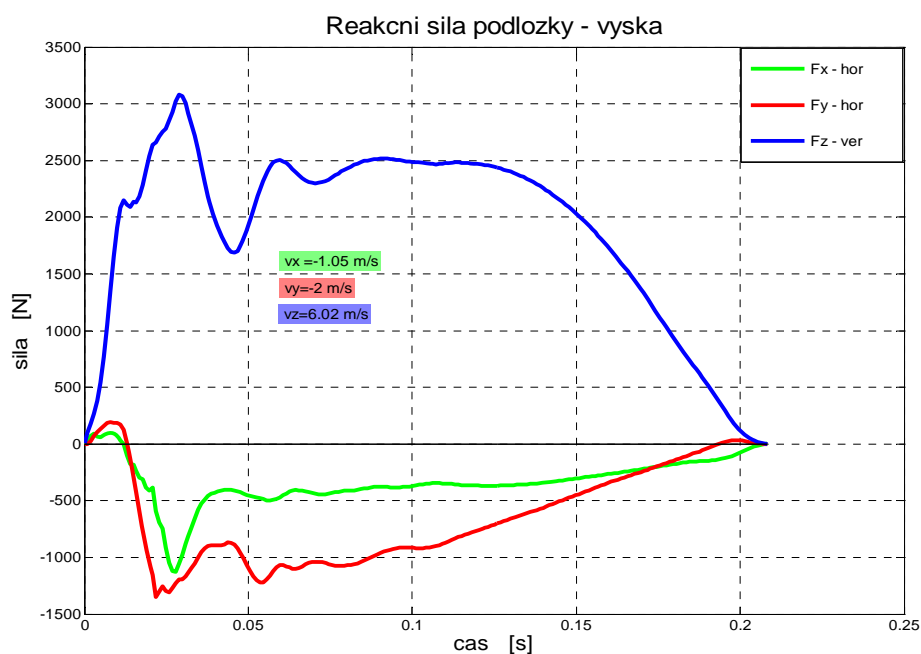
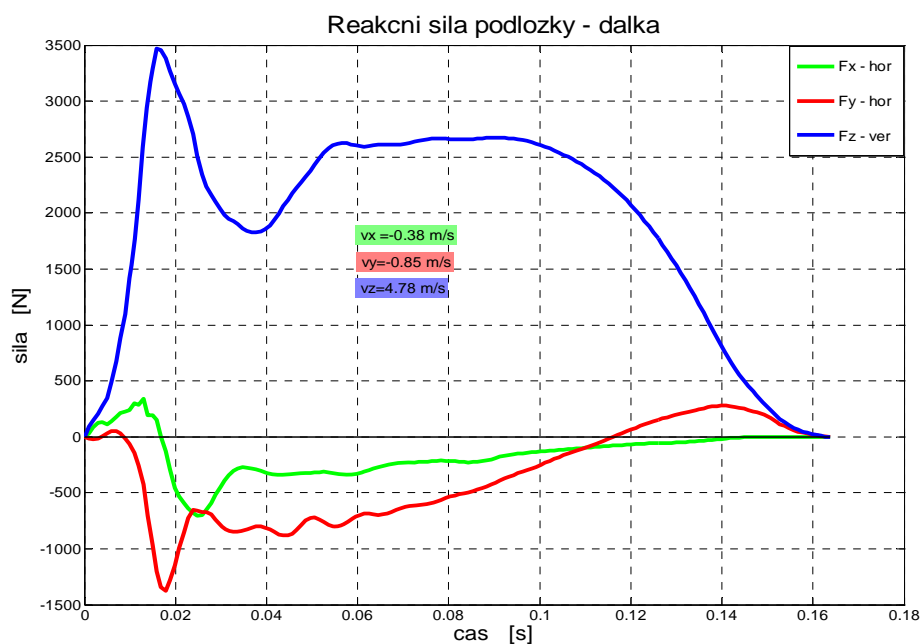
### Reakční síly podložky při akcelерованém běhu – 1. krok



Na horním grafu je zobrazena reakční síly podložky s výskytem brzdné fáze v délce 16 ms. Během této doby dochází k celkové ztrátě rychlosti o  $0,03 \text{ ms}^{-1}$ . Zbývajících 172 ms opory spadá do propulsní fáze, kdy dochází k produkci horizontální rychlosti  $0,85 \text{ ms}^{-1}$ . Na spodním grafu je prezentováno vykonání oporové fáze bez výskytu brzdneho impulsu s celkovým navýšením horizontální rychlosti o  $1,13 \text{ ms}^{-1}$ .

## Příloha 5

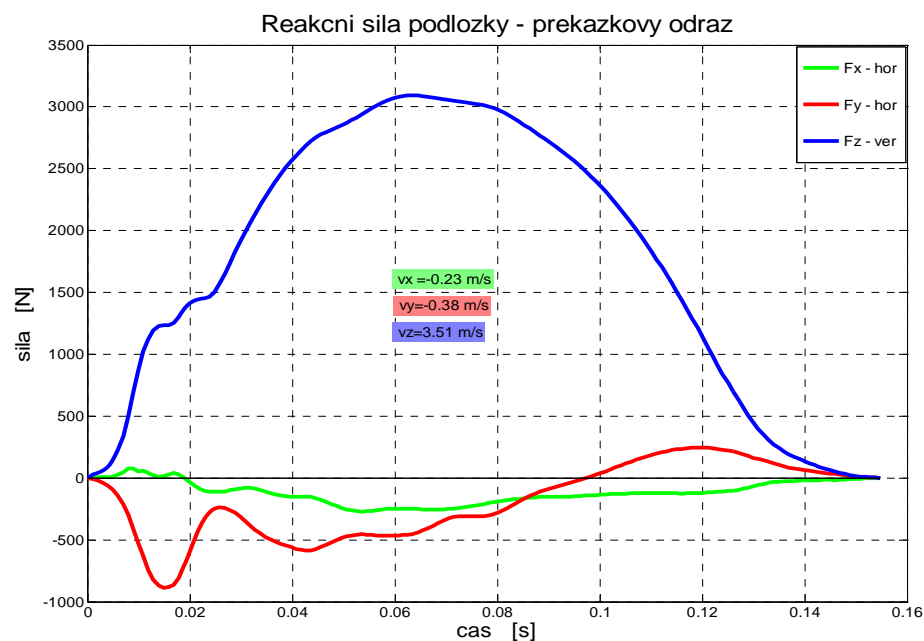
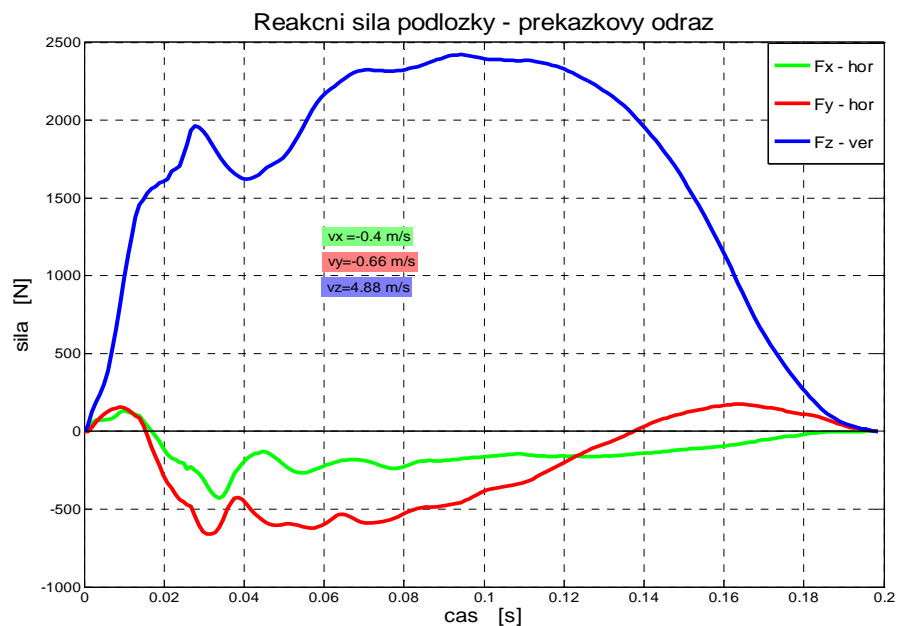
### Srovnání reakční síly u dálkařského a výškařského odrazu



Porovnání dálkařského odrazu (nahore) a výškařského odrazu (dole) u jednoho jedince. Délka trvání dálkařského odrazu je přibližně o 40 ms kratší. Pasivní vrchol síly při dálkařském odrazu přesahoval pětinašobek tělesné hmotnosti, u výškařského tato hodnota byla přibližně 4,3-násobek hmotnosti. Celkový vertikální impuls je u odrazu do výšky vyšší v důsledku delšího trvání oporové fáze. Hodnoty vertikální komponenty reakce ve fázi aktivního vrcholu síly dosahují podobných hodnot. Celkový brzdný impuls je u výškařského odrazu výrazně vyšší jednak v důsledku delšího působení síly, současně díky absenci propulsní fáze.

## Příloha 6

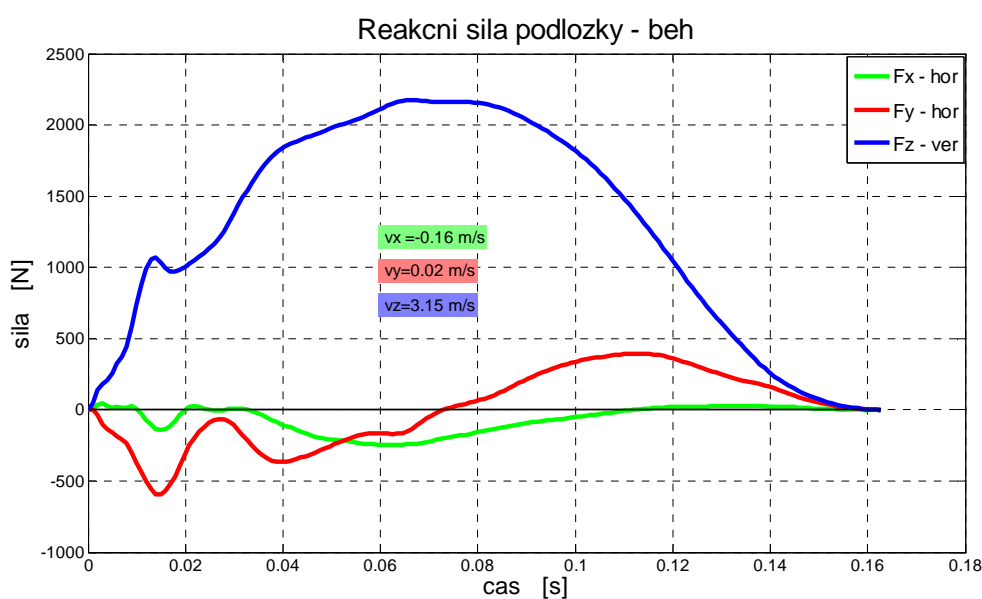
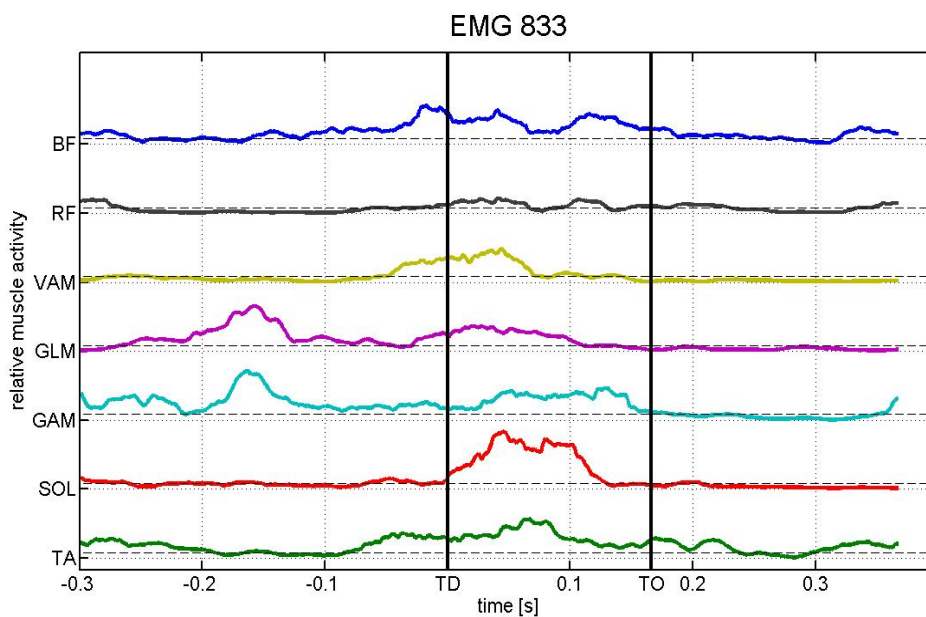
### Porovnání reakční síly podložky u dvou exekucí odrazu do překážky



V dolním grafu je zobrazena reakční síla podložky podle kritérií pohybu lépe vykonaného odrazu na překážku. Ve srovnání obou exekucí dochází u druhého probanda ke kratší době opory (154 ms vs. 198 ms), nižší produkci vertikální rychlosti  $v_z$  a nižší ztrátě horizontální rychlosti  $v_y$ . Navíc u produkce laterální komponenty rychlosti jsme naměřili u druhého probanda nižší hodnotu o  $0,17 \text{ ms}^{-1}$ .

## Příloha 7

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry při běhu – dlouhá oporová fáze



#### Kinematické parametry odrazu

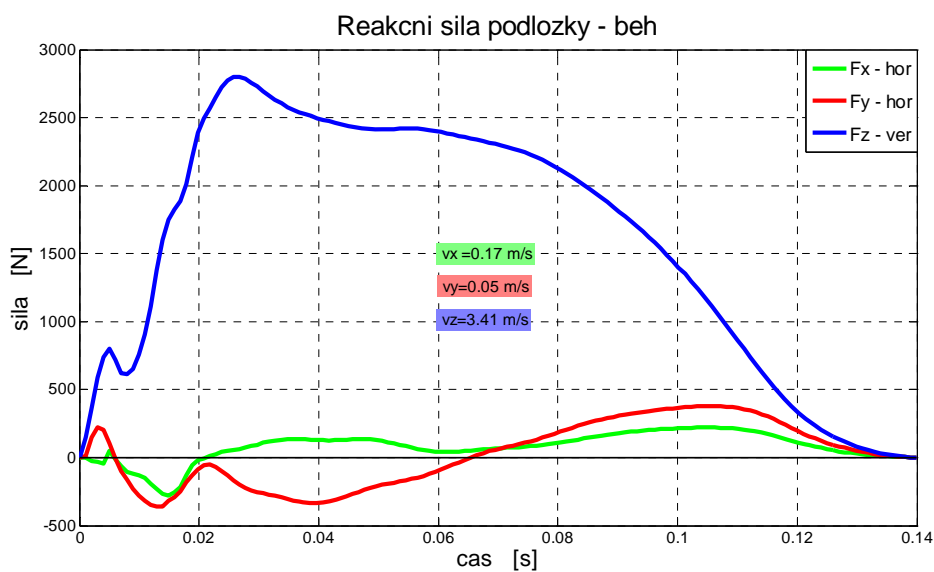
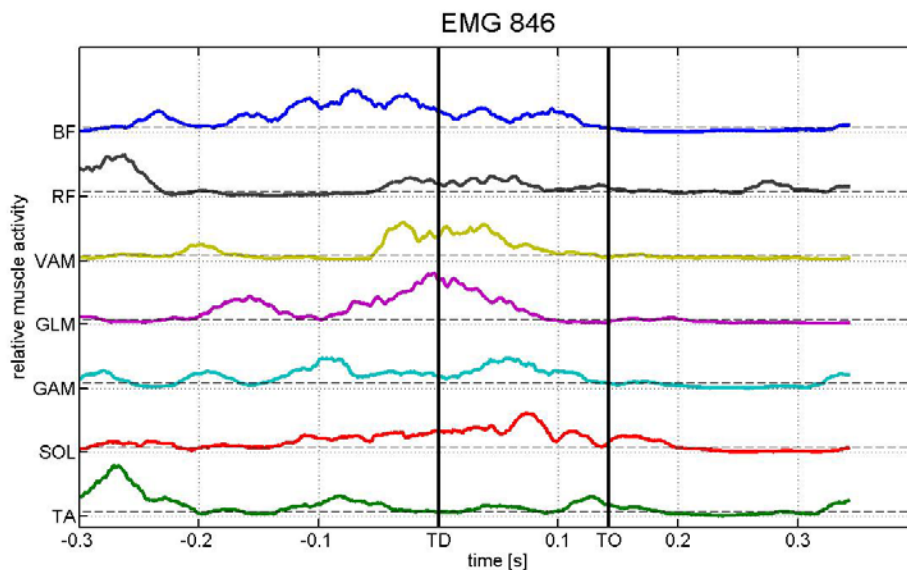
td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
113.36	166.98	0.09	65.611	0.08	140.39	128.34	161.68

Na horním grafu je zobrazena elektrická aktivita svalů v předodrazové a odrazové fázi. Sledujeme velmi nízkou úroveň preaktivace především u GAM a SOL. Současně je patrná výrazná kokontrakce SOL a TA. Tento jev se mohl negativně projevit na délce trvání oporové fáze, která činila 161 ms a byla u běžecského odrazu jednou z nejdelších.



## Příloha 8

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry při běhu – krátká oporová fáze



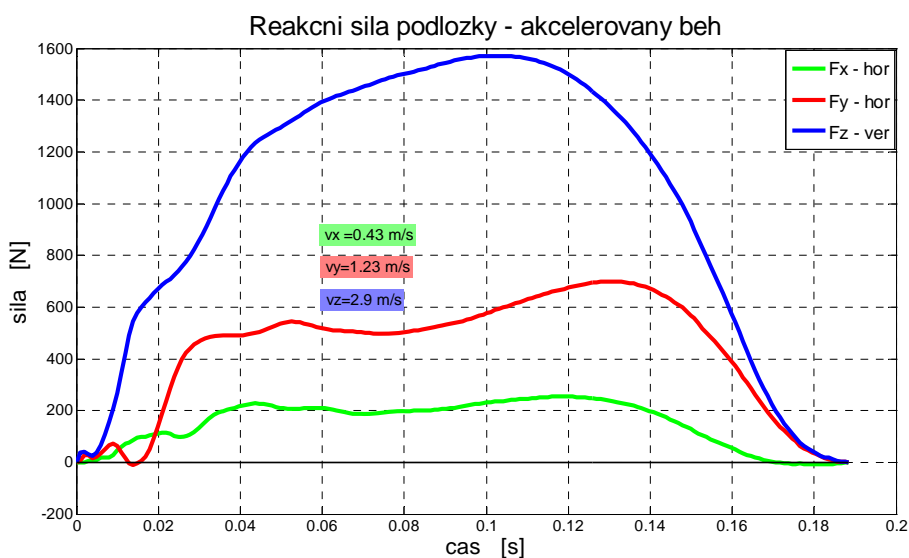
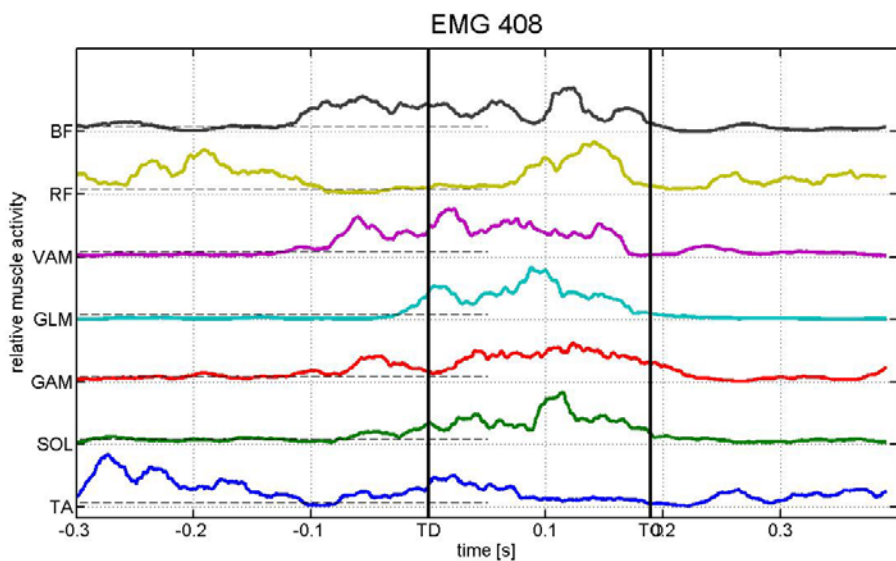
#### Kinematické parametry odrazu

td		min $\varphi_{kot}$		min $\varphi_{kol}$		to	
$\varphi_{kot}$	$\varphi_{kol}$	čas [s]	$\varphi_{kot}$	čas [s]	$\varphi_{kol}$	$\varphi_{kot}$	$\varphi_{kol}$
96.66	160.89	0.075	72.915	0.06	153.85	112.53	167.7

V porovnání s předchozí přílohou pozorujeme u výsledků EMG výrazně nižší úroveň kokontrakce TA – SOL. Současně je viditelná dřívější aktivace SOL před okamžikem dokroku. Aktivita BF a jeho antagonistů (VAM a RF) rovněž vykazuje efektivnější zapojení těchto svalů. Výsledkem je trvání opory v délce 138 ms, což byla jedna z nejkratších oporových fází při běhu.

## Příloha 9

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 1. krok

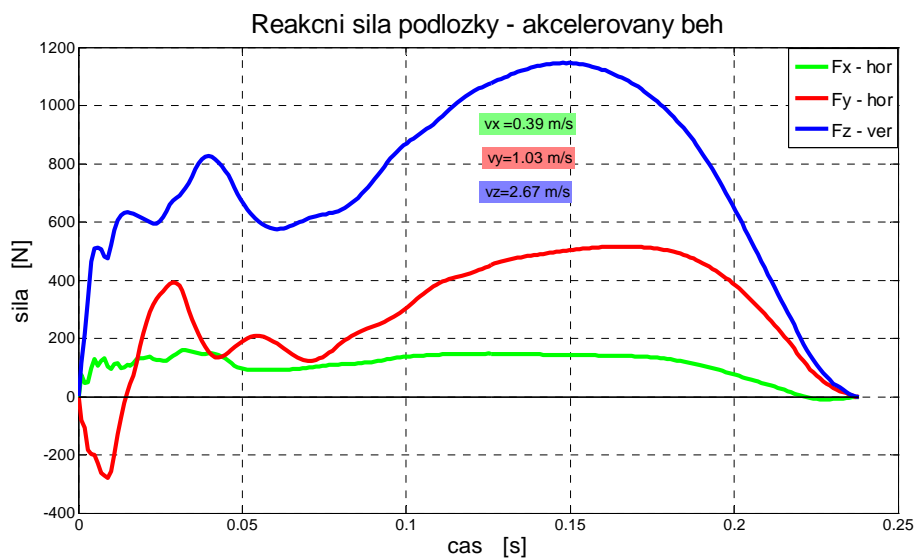
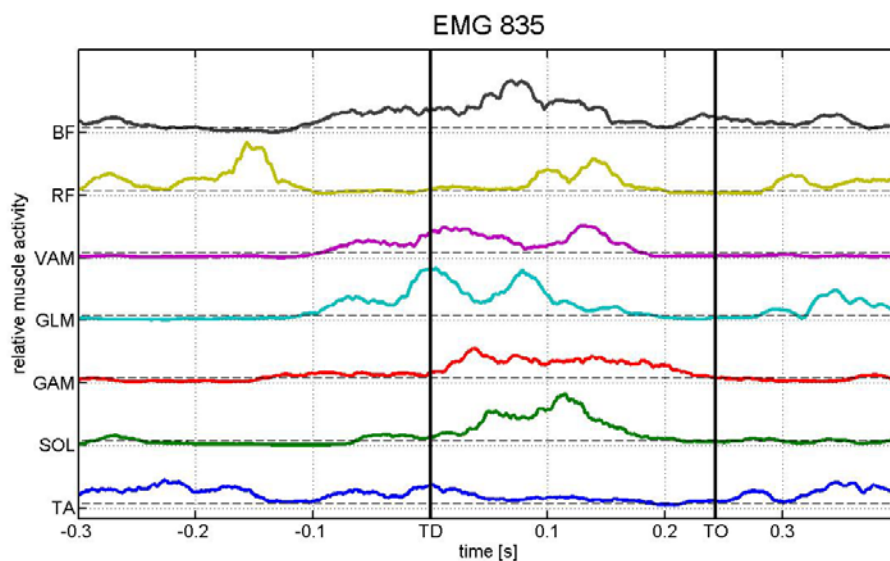


Kinematické parametry odrazu							
td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
67.853	114.58	0.08	50.065	0	112.48	117.44	169.31

EMG prvního kroku po startu se vyznačovalo téměř současnou aktivací GAM, SOL, VAM a GLM. O něco dříve byl aktivován BF, který zůstal aktivní po celou dobu opory. V dynamometrii nebyl identifikován brzdný impuls. Testovaný dosáhl velmi kvalitního průměrného zrychlení během opory  $5,95 \text{ ms}^{-2}$ .

## Příloha 10

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 1. krok



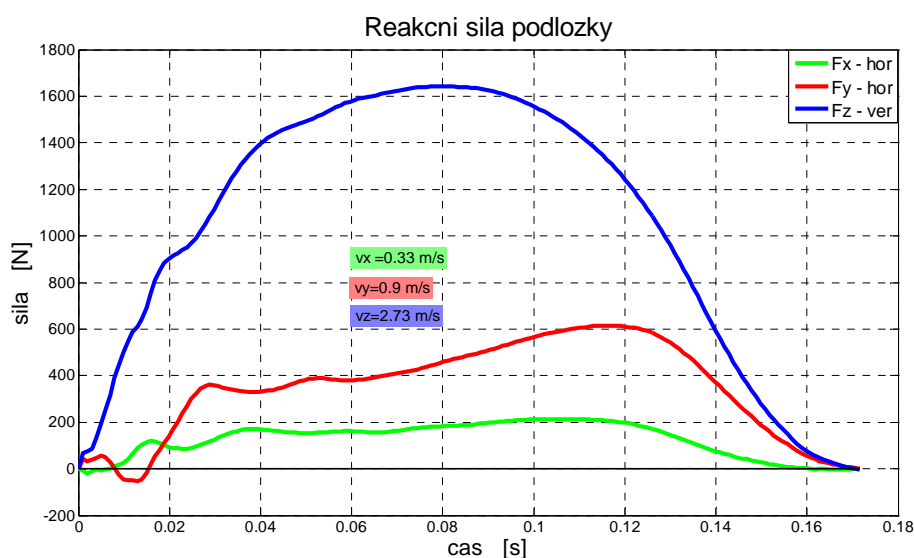
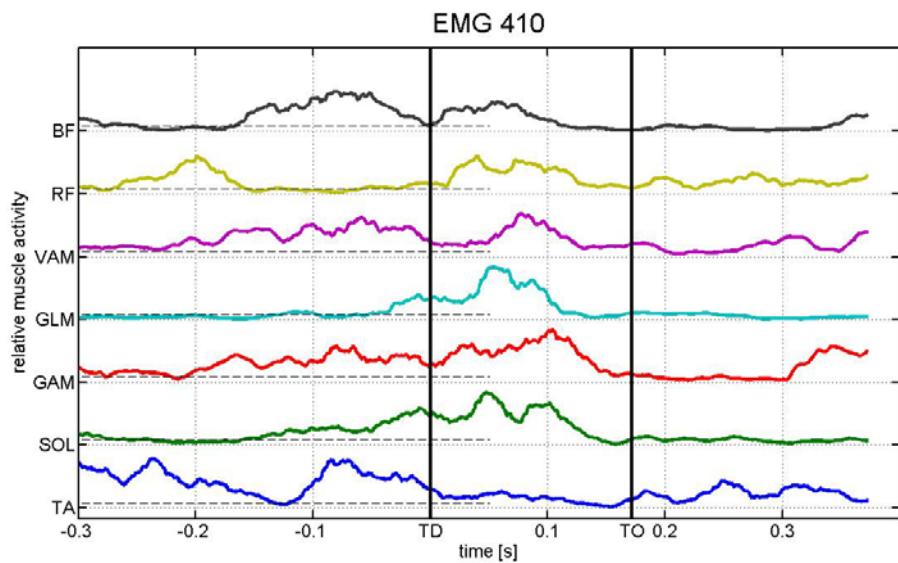
#### Kinematické parametry odrazu

td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
67.198	114.6	0.12	53.418	0	113.1	119.84	173.2

V porovnání s předchozí exekucí akcelerovaného běhu zde sledujeme téměř nulovou preaktivaci u SOL a GAM. Horizontální komponenta reakční síly podložky vykazuje brzdový impuls. Tento proband měl delší excentrickou fázi v hlezenním kloubu oproti předchozímu, navíc ukončil odraz ve vyšším stupni extenze v obou sledovaných kloubech DK. Průměrné zrychlení během opory bylo  $4,34 \text{ ms}^{-2}$ . Nízká úroveň preaktivace mohla souviset s pasivním provedením dokroku a výskytem brzdového impulsu.

## Příloha 11

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 2. krok

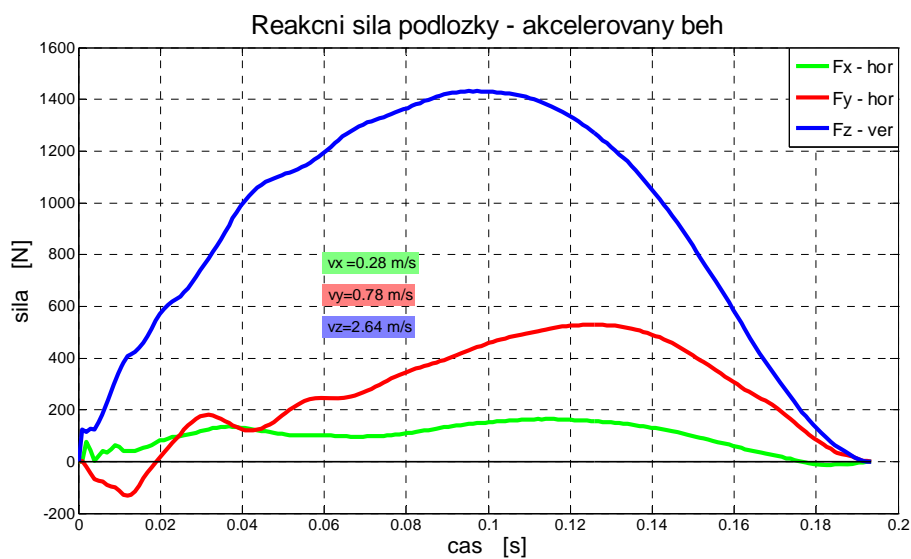
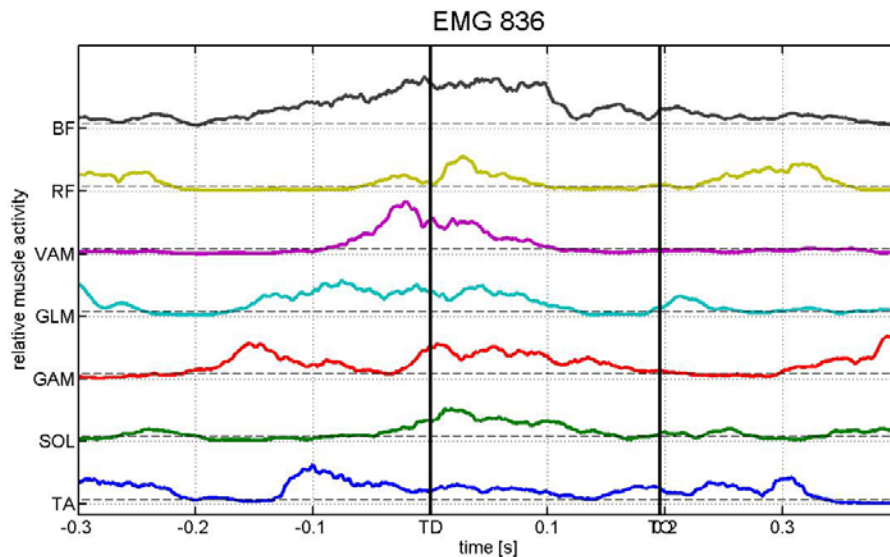


Kinematické parametry odrazu							
td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\varphi_{kot}$	$\varphi_{kol}$	čas [s]	$\varphi_{kot}$	čas [s]	$\varphi_{kol}$	$\varphi_{kot}$	$\varphi_{kol}$
67.671	116.8	0.07	51.652	0	115.82	120.84	169.26

Nejlépe provedený druhý krok akcelerovaného běhu z hlediska kritérií (produkce rychlosti  $0,9 \text{ ms}^{-1}$  za 168 ms opory). V okamžiku dokroku byla naměřena velká míra flexe v obou kloubech, přičemž v kolenním kloubu byla po celou dobu odrazu prováděna extenze. TA je v počátku odrazu deaktivován, což se pravděpodobně pozitivně projevilo na délce trvání excentrické fáze v kotníku (70 ms).

## Příloha 12

### Výsledky EMG, dynamometrie a kinematické parametry u akcelerovaného běhu – 2. krok



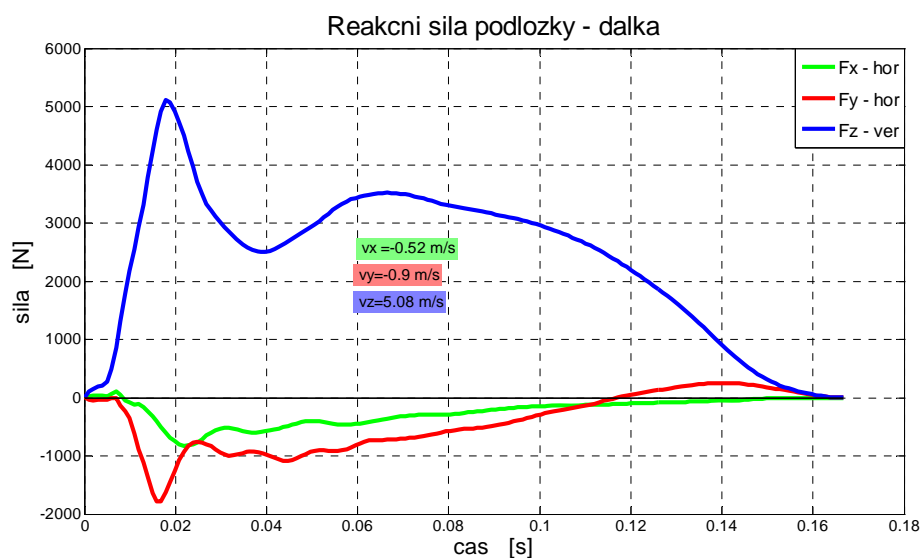
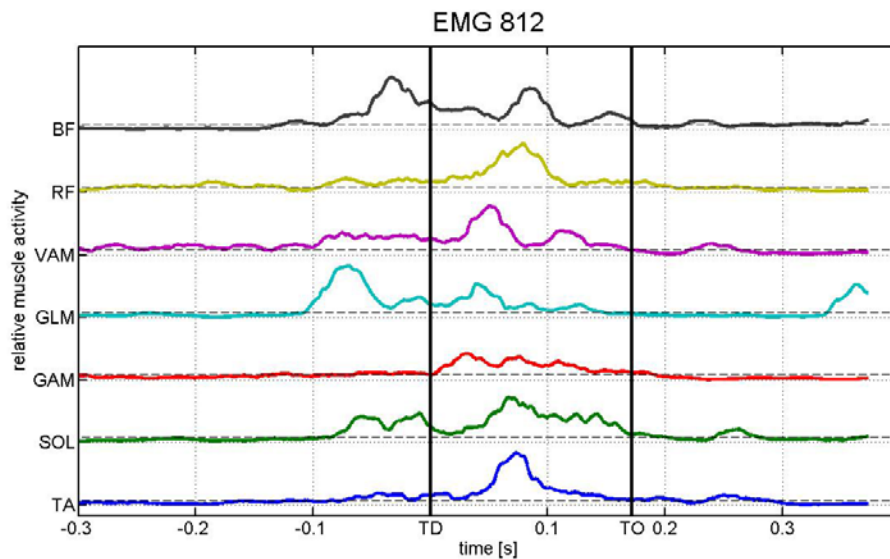
#### Kinematické parametry odrazu

td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
79.033	127.15	0.105	56.063	0	126.18	120.69	161.22

Kvalitativně horší provedení pohybu ve srovnání s předchozí přílohou 11 se projevilo ve výrazně nižší produkci horizontální komponenty rychlosti při současné delší opoře. Pravděpodobná příčina je špatné řešení úkolu z pohledu kinematického nastavení, kdy je DK v okamžiku dokroku ve vyšší míře extenze. GAM a GLM vykazují velkou míru preaktivace, SOL a RF se zapojují až krátce před dokrokem. Chyba v exekuci pravděpodobně nevznikla v důsledku špatného timingu svalové aktivace.

## Příloha 13

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do dálky



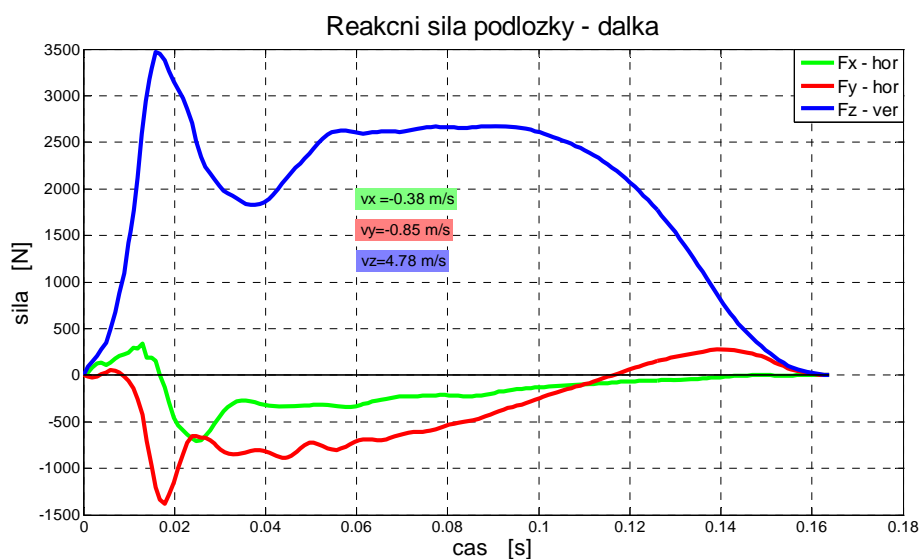
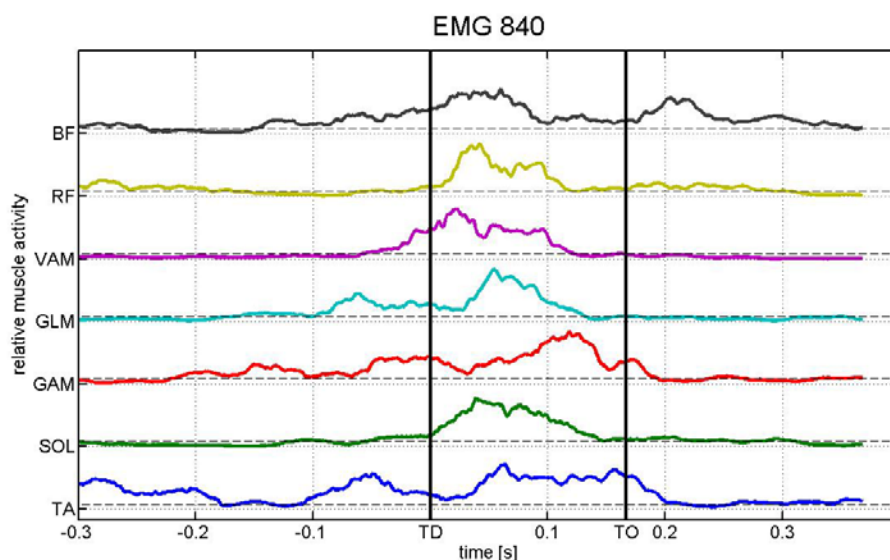
#### Kinematické parametry odrazu

td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
100.48	153.21	0.1	82.765	0.06	150.58	124.76	173.47

Vysoká hodnota vertikální komponenty reakční síly podložky je dána pravděpodobně vysokou tuhostí svalů v jednotlivých kloubech. Vysoká hodnota minimálního úhlu v kolenním kloubu a menší pohybový rozsah určený úhly při dokroku a odrazu v obou kloubech tuto myšlenku potvrzují. Zajímavé z kineziologického hlediska je opožděná aktivace GAM za SOL. V odrazové fázi je současně netradiční vysoká aktivita TA. Ostatní svaly (VAM, RF, SOL a GLM) vykazují určitou míru preaktivace.

## Příloha 14

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do dálky



#### Kinematické parametry odrazu

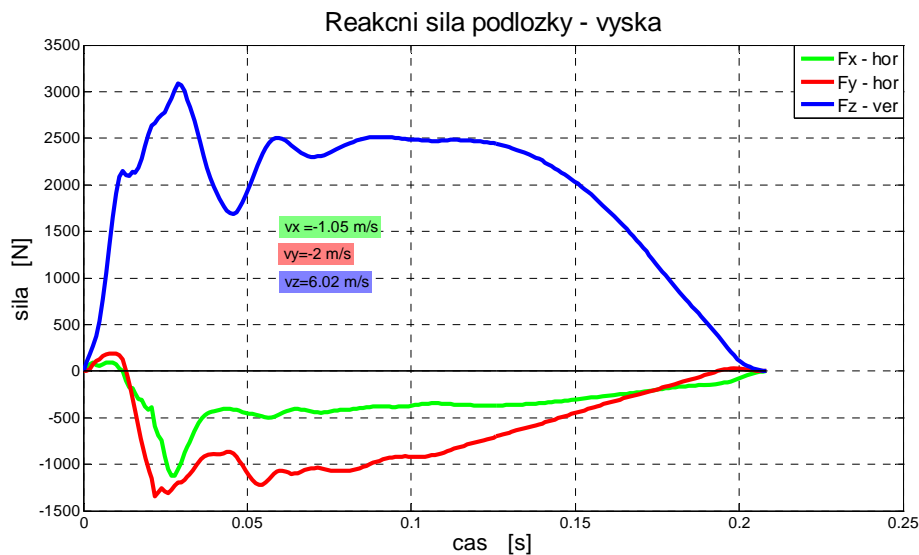
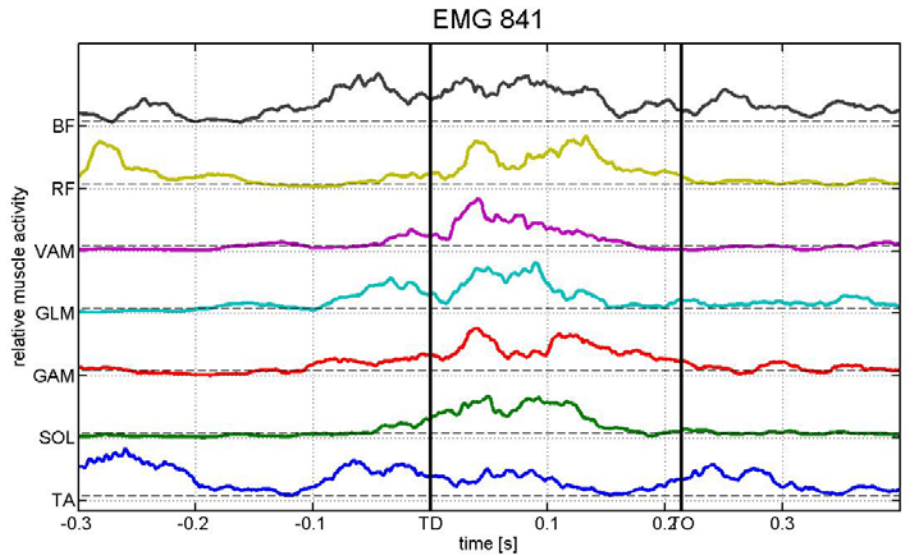
td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
99.016	157.95	0.1	71.931	0.075	138.13	126.44	179.35

V porovnání s předchozím jedincem, zde bylo dosaženo nižší produkce vertikální rychlosti při téměř shodné délce trvání opory. Velký rozsah pohybu v kloubech v průběhu odrazu svědčí o nižší svalové tuhosti. Během odrazu jsou aktivovány všechny měřené svaly, přičemž před odrazem se jako první z extenzorů zapojují GLM a SOL. I zde dosahuje vysoké hodnoty aktivita TA během odrazu.



## Příloha 15

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do výšky



#### Kinematické parametry odrazu

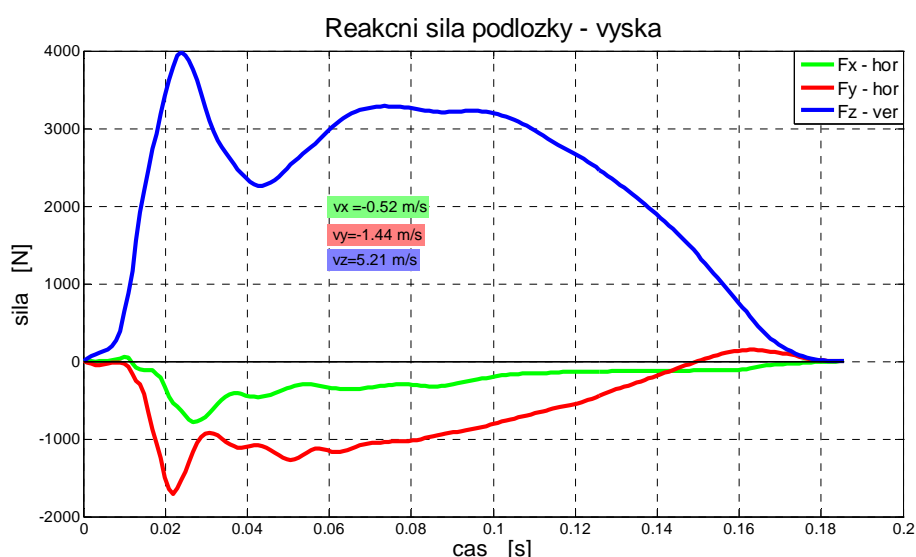
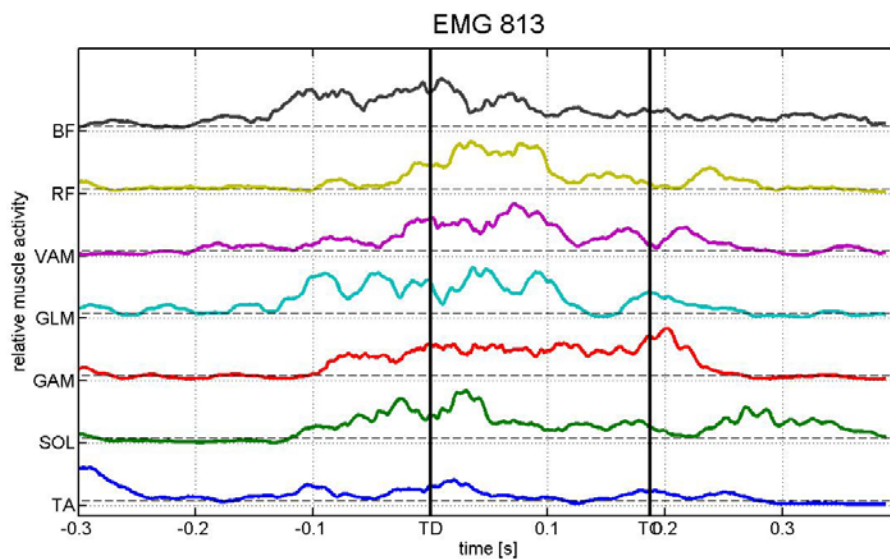
td		min $\varphi_{kot}$		min $\varphi_{kol}$		to	
$\varphi_{kot}$	$\varphi_{kol}$	čas [s]	$\varphi_{kot}$	čas [s]	$\varphi_{kol}$	$\varphi_{kot}$	$\varphi_{kol}$
88,604	154,44	0,125	81,422	0,115	130,45	133,71	178,05

Vysoká produkce vertikální rychlosti je u tohoto jedince ve zřejmé souvislosti s rozsahem a způsobem provedení skoku z hlediska kinematiky. Nízký úhel kotníku při dokroku a vysoká úroveň extenze v obou kloubech na konci odrazu jsou u výškaře ideální. Jedinec vyniká velkou mírou maximální flexe v kolenním kloubu. Z pohledu svalové činnosti sledujeme koaktivaci všech sedmi svalů během odrazu. Preaktivace všech extenzorů je relativně nízká v důsledku začátku aktivace krátce před okamžikem dokroku.



## Příloha 16

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz do výšky



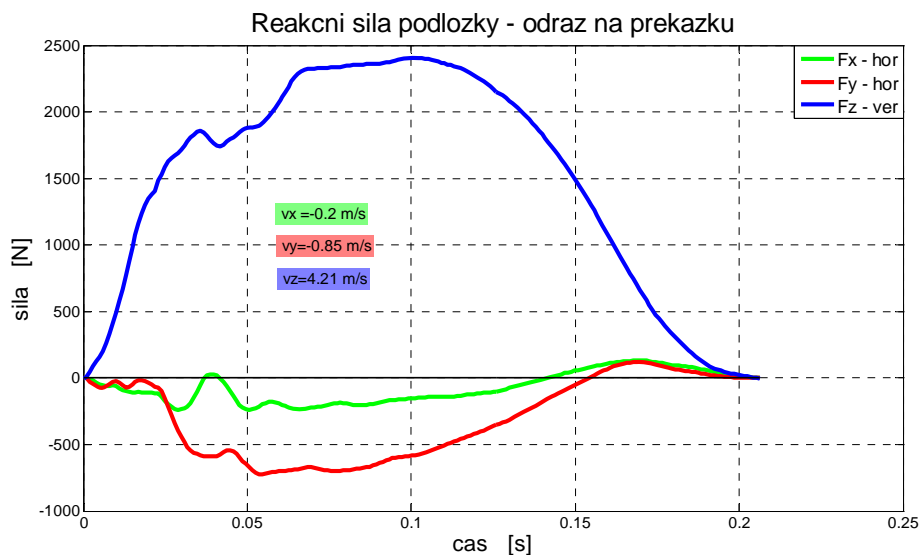
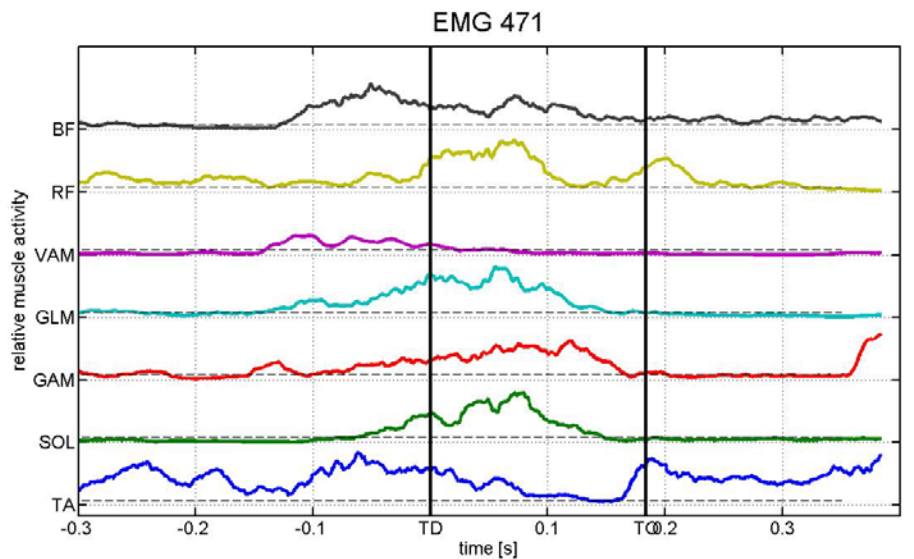
#### Kinematické parametry odrazu

td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
99.118	154.28	0.115	82.031	0.095	136.7	124.8	176.94

Jedna z nižších produkci vertikální rychlosti může souviset s kratším silovým působením, které vzniklo v důsledku nízkého stupně extenze na konci odrazu především v hlezenním kloubu. Při svalové aktivaci nalézáme nízkou míru kokontrakce antagonistů v důsledku deaktivace TA přibližně v polovině opory. V porovnání s předchozím odrazem je zde patrná vyšší úroveň preaktivace extenzorů DK (především GLM, SOL a GAM).

## Příloha 17

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz na překážku

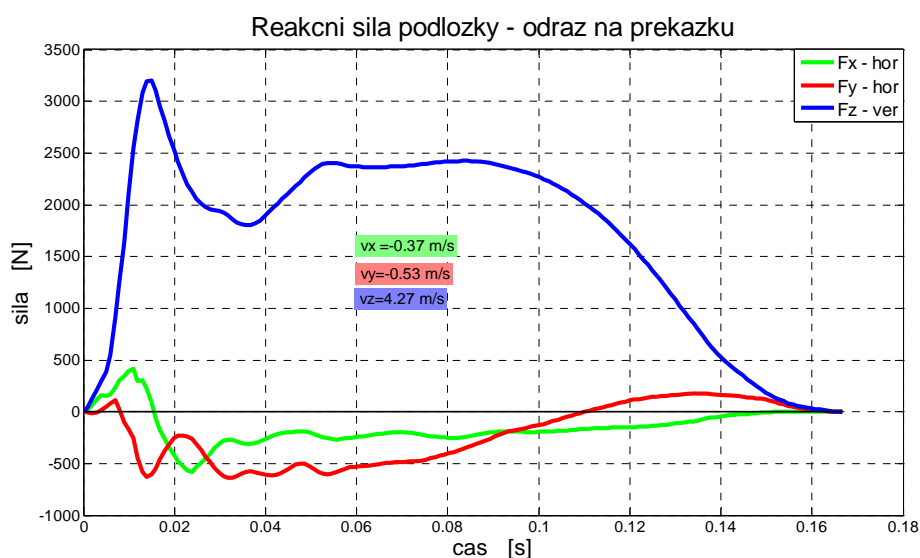
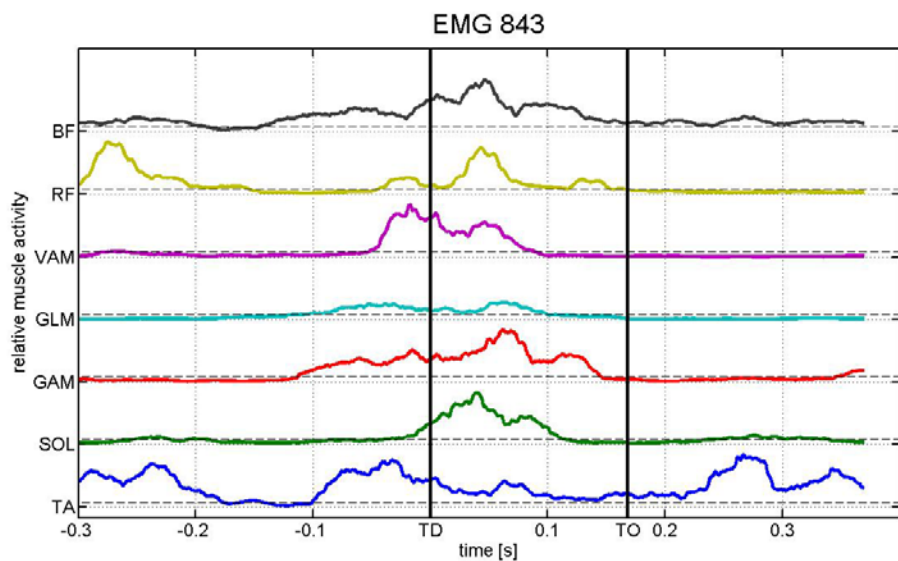


Kinematické parametry odrazu							
td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
92.511	160.16	0.125	73.236	0.105	137.98	127.29	176.94

Délka trvání odrazu přesahovala 0,2 s, což se projevilo na vyšší ztrátě horizontální rychlosti a vysoké produkci vertikální rychlosti. Z kinematických parametrů je nejzajímavější koncový úhel v kolenním kloubu dosahující podobné hodnoty jako u skoku do výšky, což byla pravděpodobná příčina dlouhého trvání odrazu. Z hlediska svalové aktivity je pozoruhodná téměř nulová aktivita VAM v průběhu odrazu. Všechny extenzory DK vykazují určitou míru preaktivace. Aktivita flexorů má v průběhu odrazu převážně klesající charakter.

## Příloha 18

### EMG, dynamometrie a kinematické parametry – odraz na překážku



#### Kinematické parametry odrazu

td		min $\phi_{kot}$		min $\phi_{kol}$		to	
$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$	čas [s]	$\phi_{kot}$	čas [s]	$\phi_{kol}$	$\phi_{kot}$	$\phi_{kol}$
89.213	152.76	0.09	72.96	0.07	137.9	125.87	166.69

Z hlediska kritérií pohybu průměrný odraz na překážku se vyznačoval menší ztrátou horizontální rychlosti (okolo  $0,5 \text{ ms}^{-1}$ ). Zároveň je zde kratší oporová fáze. Svalová činnost byla charakteristická vysokou úrovní koaktivace BF a RF v průběhu odrazu, zatímco TA a SOL (GAM) vykazovali opačnou aktivitu. Nízká úroveň relativní aktivity byla pozorována u GLM.