



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

KATEDRA BIOMEDICÍNSKÉ TECHNIKY

# **Analýza otočky při vykonávání TUG testu osobami s Parkinsonovou chorobou**

## **Turn Analysis in Parkinson Disease**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Biomedicínský technik

Vedoucí práce: Mgr. Slávka Vítečková

**Markéta Kmoníčková**

---

**Kladno, květen 2016**

Katedra biomedicínské techniky

Akademický rok: 2015/2016

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student: **Markéta Kmoníčková**  
Obor: Biomedicínský technik  
Téma: **Analýza otočky při vykonávání TUG testu osobami s Parkinsonovou chorobou**  
Téma anglicky: Turn Analysis in Parkinson Disease

Zásady pro vypracování:

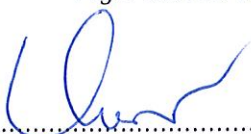
Cílem práce je analyzovat vliv Parkinsonovy choroby na chůzi. Při analýze se zaměřte na kvantitativní hodnocení otočky u pacientů s Parkinsonovou chorobou na základě dat získaných gyroakcelerometrickým systémem Xsens při vykonávání standardizovaného testu TUG. Vyberte parametry pro hodnocení otočky. Implementujte jejich výpočet v prostředí Matlab. Aplikujte postup na data pacientů s Parkinsonovou chorobou a data kontrolní skupiny. Statisticky vyhodnoťte rozlišovací schopnost vybraných parametrů mezi kontrolní skupinou a skupinou osob s Parkinsonovou chorobou.

Seznam odborné literatury:

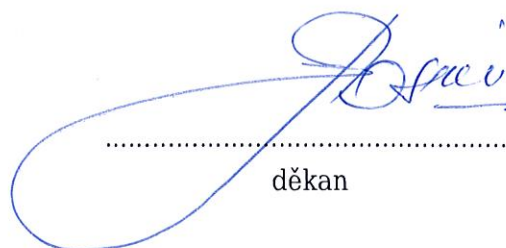
- [1] Rose J., Gamble J. G, Human Walking, ed. 1st, Williams & Wilkins , 1994, ISBN 978-0683073607  
[2] Cris Zampieri, Arash Salarian, Patricia Carlson-Kuhta, Kamiar Aminian, John G Nutt, Fay B Horak, The instrumented timed up and go test: potential outcome measure for disease modifying therapies in Parkinson's disease, J Neurol Neurosurg Psychiatry, číslo 81, 2010

zadání platné do: 30.09.2017

Vedoucí: Mgr. Slávka Vítěčková



vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 22.02.2016

## **NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:**

Analýza otočky při vykonávání TUG testu osobami s Parkinsonovou chorobou

### **ABSTRAKT:**

Cílem této práce je analýza vlivu Parkinsonovy choroby na otočku. Pomocí přenosného systému Xsens byla naměřena chůze při TUG testu. Testu se účastnilo 9 zdravých osob a 12 osob s Parkinsonovou chorobou. Osoby s Parkinsonovou chorobou podstoupily test jednak s medikací a jednak bez medikace. Každá část experimentu byla jednou zopakována. V prostředí Matlab byla z dat vypočítána délka otočky, počet kroků a podobnost otočky mezi prvním a druhým měřením. Výsledky všech tří skupin byly mezi sebou porovnány a byl vyhodnocen vliv Parkinsonovy choroby na otočku.

### **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Parkinsonova choroba, akcelerometr, gyroakcelerometr, TUG test, otočka

## **BACHELOR'S THESIS TITLE:**

Turn Analysis in Parkinson Disease

### **ABSTRACT:**

The goal of this study was to analyse the influence of the Parkinson disease on a human turn. The turn was recorded using the portable system Xsens. In the test, there were 9 healthy people and 12 people with the Parkinson's disease involved, the latter both with and without medication. Test was repeated once. In the Matlab programme, the turn duration, number of steps on each leg, and the similarity of turn in both measurements was computed. Results of the three groups (healthy people, people with Parkinson's disease with medication and without medication) were compared.

### **KEY WORDS:**

Parkinson's disease, accelerometer, gyroaccelerometer, TUG test, turn

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Analýza otočky vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu literatury.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně, dne 12. 5. 2016

-----  
Markéta Kmoníčková

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce Mgr. Slávce Vítečkové za odborné rady a velkou trpělivost a své rodině, která mi byla velkou oporou. Zvláštní poděkování patří mé sestře za její pomoc a tipy při psaní této práce.

Nakonec patří dík i mým spolužákům Markétě Zavázalové a Jakubovi Šebkovi, s nimiž jsem prováděla část zpracování dat.

## OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>8</b>
2.1	PARKINSONOVA NEMOC .....	8
2.2	LIDSKÁ CHŮZE .....	12
2.3	OTOČKA .....	14
2.4	ÚROVEŇ SOUČASNÉHO POZNÁNÍ .....	15
<b>3</b>	<b>METODIKA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>17</b>
3.1	TEORETICKÁ VÝCHODISKA .....	18
3.2	MĚŘENÍ VSTUPNÍCH PARAMETRŮ .....	23
3.3	ZPRACOVÁNÍ DAT .....	26
3.4	VYHODNOCENÍ .....	32
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>33</b>
4.1	VÝSLEDKY PRO POČET KROKŮ .....	33
4.2	VÝSLEDKY PRO CELKOVÝ ČAS .....	34
4.3	VÝSLEDKY PRO MÍRU ASYMETRIE .....	35
4.4	VÝSLEDKY PRO TREND SYMETRIE .....	39
<b>5</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>50</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ZKRATKA	VÝZNAM ZKRATKY
TUG	Test „Time up and go“
KS	Kontrolní skupina – skupina zdravých osob
PN	Skupina pacientů s Parkinsonovou nemocí
OFF	Stav pacienta, který léky na Parkinsonovu nemoc neužíval 24 hodin před měřením
ON	Stav pacienta, který užíval léky na Parkinsonovu nemoc nepřetržitě
PDK	Pravá dolní končetina
LDK	Levá dolní končetina

# 1 ÚVOD

Parkinsonova choroba je vážné neurodegenerativní onemocnění, které často bývá příčinou poruch řízení pohybového systému.

Její diagnostika je velice obtížná, neboť mnohé symptomy jsou shodné s jinými nemocemi a stejně tak se podobají příznakům stáří. Dalším důvodem obtížné diagnostiky je pomalý průběh nemoci (některé příznaky se mohou projevit až za několik let). Léky sice dokáží nemoc zpomalit a oddálit tak dobu projevení příznaků, ale lék, který by nemoc zcela zastavil, prozatím není.

Mezi příznaky nemoci patří tremor, rigidita, akineze a posturální poruchy.

Bakalářská práce se věnuje analýze vlivu nemoci na chůzi osob s Parkinsonovou chorobou, konkrétně analýze otočky, prostřednictvím porovnání pohybu nemocných a zdravých osob. Data získaná z akcelerometrů Xbus od firmy Xsens byla následně zpracována a zanalyzována v programu Matlab.

Měřeno bylo 12 osob s Parkinsonovou s medikací a bez medikace a 9 osob zdravých jako kontrolní skupina. Každá osoba podstoupila TUG test dvakrát.

S ohledem na příznaky nemoci byly pro porovnání otočky zvoleny tyto parametry: čas trvání otočky, počet kroků na obou dolních končetinách a podobnost otoček mezi prvním a druhým měřením. Všechny zjištěné parametry od pacientů byly porovnány s kontrolní skupinou a statisticky vyhodnoceny. Ve snaze zjistit, zda léky potlačují příznaky nemoci nějak výrazněji, byly též porovnány výsledky nemocných pacientů s medikací a bez medikace. Veškerá měření jsou uvedena v závěru práce.



## 2 STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 2.1 PARKINSONOVA NEMOC

#### DEFINICE

Parkinsonova choroba dostala své jméno roku 1817 podle anglického lékaře Jamese Parkinsona, který ji popsal. Jde o chronické a prozatím nevyléčitelné neurodegenerativní onemocnění způsobující poruchy pohybového systému. Charakteristickým znakem je pomalý nástup nemoci s postupným projevováním příznaků.

Nemoc způsobuje rychlý úhyn nervových buněk v mozku, tzv. Substantia nigra, které za normálních okolností produkují dopamin – transmitter zajišťující komunikaci mezi nervovými buňkami. Při nedostatku dopaminu nemohou bazální ganglia správně fungovat a dochází k poruše řízení pohybu. Nemoc se začne projevovat při úhynu přibližně 50 % Substantia nigra, neboť zbylé buňky přestanou zvládat produkovat potřebné množství dopaminu [5,28].

#### VÝSKYT

Parkinsonova nemoc se nejčastěji objeví mezi 40. a 70. rokem života. Ročně přibude 100-150 případů na 100 000 obyvatel. Pro co nejlepší výsledky je třeba začít s léčbou brzy. Základním bodem je správná diagnóza, avšak vzhledem ke snadné záměně příznaků s jinými nemocemi [28] u 14 – 42 % onemocnění tohoto typu dochází k diagnóze špatné.

#### PRŮBĚH

Nástup nemoci je individuální a pomalý, dokonce některé příznaky se objeví až po několika letech, a tak je velmi těžké určit nemoc při prvních příznacích. Hoehnová a Yahr nemoc rozdělili do několika stádií [21]:

- 0. stádium – bez příznaků;
- 1. stádium – jednostranné příznaky;
- 1,5. stádium – jednostranné a axiální příznaky (hypominie, dysartrie atd.);
- 2. stádium – oboustranné příznaky bez poruchy rovnováhy;
- 2,5. stádium – oboustranné příznaky s lehkou poruchou rovnováhy;
- 3. stádium – lehké až středně těžké oboustranné příznaky, posturální nestabilita (změny držení těla, stoje, chůze), ale stále soběstačný;
- 4. stádium – nezpůsobilý, ale chůze a stoj bez pomoci;
- 5. stádium – nucen být na vozíku nebo na lůžku, postavení s pomocí.

V posledních stádiích se může objevit i demence (jednou z příčin bývá pacientova nesamostatnost).

Cílem je diagnostikovat nemoc již v nultém stádiu, aby se s léčbou začalo co nejdříve, tedy než se objeví první příznaky. Včasnou léčbou by se mohlo zabránit nejen projevení nemoci, ale i další degeneraci neuronů [27].

## **ETIOLOGIE**

Příčina vzniku nemoci sice nebyla dosud zjištěna, ale existují tři teorie: exotoxická, endotoxická a genetická.

*Exotoxická teorie* tvrdí, že za Parkinsonovu nemoc mohou toxiny produkované v průmyslu a zemědělství; tyto toxiny ve vyšších koncentracích mohou způsobit poškození mozku [3,21].

*Endotoxická teorie* říká, že za degeneraci Substantia nigra může nadměrné množství volných radikálů kyslíku v mozku, tzv. oxidativní stres. Příčinou oxidativního stresu je porucha metabolismu železa (shodou okolností je jeho koncentrace v buňkách Substantia nigra vysoká). Zjistilo se, že pokud tělo nestačí volné radikály regulovat a jejich množství roste, začne se projevovat Parkinsonova nemoc [29].

*Genetická teorie* poukazuje na skutečnost, že asi 5% pacientů mělo příbuzného trpícího obdobnou nemocí. Poměrně dlouhou dobu se vědci domnívali, že Parkinsonova nemoc dědičná není, ale v roce 1997 přišli v National Institutes of Health v Marylandu na mutace v genu SNCA, který se objevoval v několika rodinách s vysokým výskytem Parkinsonovy nemoci. Od té doby bylo identifikováno několik dalších genů, nicméně pouze 10 % případů Parkinsonovy nemoci bylo spojeno s genetickou příčinou. Vědci se tedy shodli, že nástup nemoci je dán kombinací určitých genů a environmentálních faktorů. V poslední době se ukázalo, že nejčastějším známým přispěvatelem této nemoci je gen LRRK2 [8].

## **PŘÍZNAKY NEMOCI SOUVISEJÍCÍ S POHYBEM**

Při Parkinsonově nemoci se mluví převážně o obtížích souvisejících s pohybem. Nicméně prvními příznaky jsou právě ty „nemotorické“, např. deprese, poruchy spánku, zácpa aj., které jsou celkem běžné, a proto Parkinsonovu nemoc přesně nedefinují. Navíc některé z nich se dají potlačit léky. Každopádně se postupem času začnou objevovat pro tuto nemoc charakteristické pohybové odchylky.

Lze určit tyto čtyři základní příznaky, tzv. TRAP [28,18,3]:

- *Tremor*

Tremor (třes) je způsoben záškuby svalů, respektive postupnými stahy jednotlivých vláken. Je to nejběžnější příznak Parkinsonovy nemoci. Ve většině případů se jedná o jednostranný a klidový příznak, který je vidět v distální části končetiny. Rozrušení a nemoc třes zhoršuje, při spánku nebo pohybu naopak vymizí. Frekvence tremoru bývá okolo 4 – 6 Hz.

- *Rigidita*

Při rigiditě (ztuhlosti) dochází v postižených končetinách k napnutí i v klidu – ty se pak brání jakémukoli pohybu. Dalším projevem může být např. kulhání, zčásti malý nečitelný rukopis nebo snížené mrkání. Protože rigidita postihuje reflexorové svalstvo, je vidět charakteristické držení trupu a šíje. Stejně jako tremor, je ztuhlost zpočátku asymetrická a při spánku vymizí.

- *Akineze (Bradykineze, Hypokineze)*

Bradykineze vede k celkovému zpomalení motorických projevů. Protože jsou postižena bazální ganglia, zahrnuje i obtíže plánovat, realizovat a zahajovat pohyb, ztrácí se pohyb rukou při chůzi atd. Pacient též ztrácí výraz v obličeji, sníží se mrkání. Bradykineze často jde ruku v ruce s rigiditou, a tak se na projevech mohou podílet obě dvě poruchy.

Hypokineze způsobuje zmenšení rozsahu a amplitudy pohybů a celkovou poruchu pohybu. S tím souvisí i akineze, tj. problémy se zahajováním pohybu. Pacient má např. problémy se rozejít, v podstatě jakoby zmrzl, a při zahajování daného pohybu se musí velmi soustředit. Když se dá do pohybu, můžeme sledovat krátké a cupitavé kroky.

Stejně jako předešlé příznaky, je hypokineze a akineze asymetrická [14].

- *Posturální poruchy*

Posturální poruchy jsou jedním z hlavních důvodů ztráty rovnováhy, při otočkách pacientům hrozí pád. Způsobují charakteristické držení trupu a šíje. To, jak často pacient ztrácí rovnováhu, zaleží na stádiu nemoci.

Kombinace těchto příznaků způsobuje další poruchy (např. zmenšování velikosti písma), a jejich příčina se tedy těžko identifikuje. Nemusí se objevit ihned, dokonce některé se mo-

hou projevit až po několika letech. Několik pohybových změn, např. šourání nohou při chůzi nebo předklon, je také projevem pouhého stárnutí.

## **DIAGNOSTIKA**

Stanovit diagnózu je v raném stádiu velmi těžké a stává se, že Parkinsonova nemoc je diagnostikována špatně: falešně pozitivně i falešně negativně. Diagnostika vychází hlavně z neurologického vyšetření a z informací podaných pacientem. Využívají se též laboratorní vyšetření, např. krevní obraz nebo hormony štítné žlázy. Pro vyšetření mozku se pacienti posílají na magnetickou rezonanci (MRI) a počítačovou tomografii (CT) [7].

Při prvním podezření na Parkinsonovu chorobu se diagnostika zaměřuje na vyšetření výše zmíněných čtyř základních příznaků – tremor, rigidita, akineze a posturální poruchy. Pacient pak provádí cviky na testování právě těchto příznaků. Jedním z testů je test rovnováhy: lékař lehkým úderem postrčí pacienta dozadu a sleduje jeho reakci.

Protože má Parkinsonova nemoc několik stádií, existuje několik stupnic, podle nichž se nemoc vyhodnocuje. Nejčastější stupnicí je UPDRS (Unified Parkinson's disease rating scale), která hodnotí osobnost, chování, mimiku řeč a motoriku. Je rozdělena do 42 položek v několika oddílech [1,17].

## **LÉČBA NEMOCI**

Parkinsonova nemoc je v současné době nemocí nevyléčitelnou, ale existují způsoby, jak nemoc zpomalit a tím prodloužit a zlepšit kvalitu života pacienta. Aby byla léčba účinná, je potřeba s příslušnými léky kombinovat různé postupy. U pacientů s takovýmto onemocněním je důležité, aby měli vůli s touto nemocí bojovat cvičením a rehabilitací. Pro pacienta je také důležitá podpora blízkých, protože velmi usnadní překonávání překážek souvisejících s nemocí [17]. Také mnohé humanitární organizace, například společnost Parkinson, se na takovou podporu zaměřují – pomáhají lidem s Parkinsonovou chorobou vyrovnat se s nemocí. Pořádají pro ně různé akce, které je zapojují do normálního života [7,32].

Postupy léčby Parkinsonovy choroby jsou závislé na stádiu choroby. Je možno je rozdělit do tří skupin [17,28]:

- *Medikamentosní léčba (tzv. antiparkinsonika)*

Antiparkinsonika jsou léky určené na léčbu Parkinsonovy choroby a lze je rozdělit do několika skupin:

- A. Základní léky nahrazují chybějící dopamin. Řadíme sem levodopa a agonisty dopaminu.
- B. Přídavné léky mění metabolismus levodopy a dopaminu nebo působí na jiné systémy nervových přenašečů, např. amantadin a anticholinergika.
- C. Pomocné léky ovlivňují vedlejší příznaky a komplikace, např. domperion, antidepressiva.

- *Neurochirurgická léčba*

Přes veškerou současnou technologii je zásah do mozku pro organismus stále velmi náročný. Z toho důvodu je operace až krajním řešením, a navíc ne každý příznak lze operativně vyřešit. Děje, které vedou ke vzniku Parkinsonovy nemoci, probíhají v bazálních gangliích účastnících se pohybu těla. Existují dva hlavní způsoby léčby: *drobné poškození v místě bazálních ganglií* a *hloubková mozková stimulace* (DBS – deep brain stimulation). DBS je tou šetrnější metodou; do určitého místa se dá elektroda, která pomocí elektrického signálu s frekvencí nad 100 Hz potlačuje funkci dané mozkové části.

- *Fyzická terapie*

Fyzická terapie, složená z určitých cviků a činností, je též velmi důležitá, protože dokáže nacvičit a trénovat různé pohyby jemné motoriky, chůze, držení těla aj. Cviky pomáhají nejen zlepšit pohyblivost nemocného, ale také pacientovu psychiku.

## 2.2 LIDSKÁ CHŮZE

---

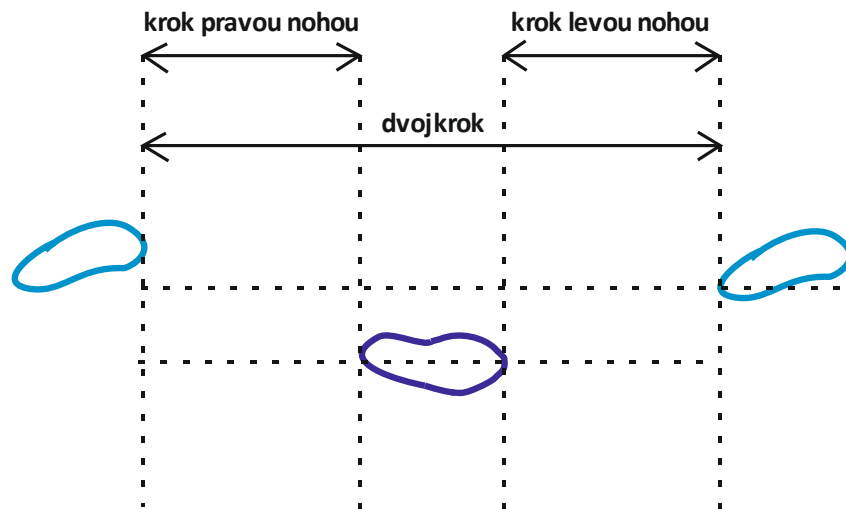
Bakalářská práce je zaměřena na analýzu otočky, protože i v ní lze pozorovat základní charakteristiky běžného kroku.

Jedním z druhů lokomoce je chůze, která umožňuje pohyb z místa na místo. Ačkoli se člověk na chůzi nemusí příliš soustředit, účastní se jí několik skupin svalů a většina smyslů. Chůze každého člověka je velmi specifická, přesto existují základní mechanismy, jež platí pokaždé.

Chůze se dá rozdělit do několika fází. Zahrnuje začátek, zpomalování, zrychlování, změny směru, výšky aj. Pojem krok je pak definovaná vzdálenost od kontaktu špičky se zemí

až po dopad paty stejné nohy. Cyklus se začne opakovat až po dvojkroku, tedy po jednom kroku na každé noze.

Při chůzi nastane chvíle, kdy jsou obě končetiny v kontaktu s podložkou. Tu nazýváme *fází dvojí opory* a patří mezi zkoumané charakteristiky chůze. Klouby, stavba těla, svaly či nemoci jsou faktory, které tyto charakteristiky ovlivňují [26].



Obrázek 1: Délka kroku a dvojkroku (Zdroj: Kmoníčková)

Krokový cyklus (dvojkrok) má dvě fáze: *stojnou* a *švihovou*. Stojná fáze je definována jako doba, kdy je chodidlo v kontaktu s podložkou. Zajišťuje stabilitu chůze a zaujímá 60 % krokového cyklu. Naopak švihová fáze, tvoří asi 40 % krokového cyklu, je doba, kdy chodidlo v kontaktu s podložkou není. Doba jednotlivých fází je závislá na rychlosti chůze. Při pomalé chůzi se prodlužuje fáze stojná a zkracuje švihová, u zrychlování chůze je tomu naopak. Obě fáze lze ještě rozdělit na menší části. Stojnou fázi na počáteční kontakt, zatěžování, mezipostoj, konečný postoj a předšvihovou fázi; švihovou fáze může mít počáteční švih, mezišvih a konečný švih [22].

Při analýze se pracuje právě s těmito s cykly a předpokládá se jejich shoda či alespoň podobnost (při podrobném prozkoumání je vidět, že každý krok má jinou délku, jinou výšku). Pro analýzy krokových cyklů jsou ale tyto rozdíly tak malé, že je možné je zanedbat [22, 34].

Při chůzi se setkáme se dvěma ději: s *reakční silou podložky* a *periodickým pohybem*. Zároveň dochází k neustálému zpomalování a zrychlování, snižování a zvyšování, pohupování ze strany na stranu. Při zvedání nohy se chůze zpomaluje a výška zvedá a naopak – při pokládání nohy a přenesení váhy z jedné nohy na druhou se pohyb zrychluje a výška snižuje. Pohyb do

stran je ovlivněn vzdáleností pravé a levé nohy; čím širší bude krok, tím je pohyb do stran větší.

Tyto tři aspekty se objevují zároveň (při přenesení váhy z jedné dolní končetiny na druhou dochází k posunu pánve do strany a vpřed) a charakteristiky pohybu jsou navzájem provázané (např. s rychlostí chůze se zvyšuje i amplituda) [26].

## **ANALÝZA LIDSKÉ CHŮZE**

Chůzi lze analyzovat ze dvou hledisek: kinematické a kinetické, a právě kinematickou analýzou se zabývá tato práce.

*Kinematickou analýzu* lze sledovat v rovině nebo v prostoru. Při kinematické analýze se používají akcelerometry, goniometry či kamerové systémy; sledují se jimi parametry typu rychlost, čas, vzdálenost aj. V dnešní době se tyto analýzy velmi rozmohly a jsou využívány např. v systémech Xbox nebo Kinect [25].

*Kinetická analýza* se zabývá působením sil, které pohyb zpřičiňují. K měření se využívají tenzometrické nebo piezoelektrické desky. U těchto analýz nás zajímají parametry typu maximální působící síla či závislost síly na čase [15].

Každá analýza má několik kroků: teoretickou přípravu, sběr dat a vlastní interpretaci. Pro správný rozbor je nutné udržet si odstup a být objektivní.

## **2.3 OTOČKA**

---

Přestože technika otočky je u různých lidí různá a ovlivňuje ji řada faktorů, např. Parkinsonova nemoc, v principu lze definovat dvě základní techniky: rychlým otočením na jedné noze a pomalým otočením pomocí několika kroků [33]:

- Multi-step (více kroků);
  - Festination – více krátkých a rychlých kroků;
  - Forward – kroky na místě nebo do tvaru U;
  - Wheeling – několik kroků v oblouku;
  - Backward – krok zpět před vykročením do nového směru;
- Few steps (pár kroků);
  - Twisting – otočka na jednom či obou chodidlech;
  - Sideways – během otočky krok jednou nohou vzad či do boku;

Otočku je tedy možné posuzovat stejně jako přímou chůzi, jde v podstatě o chůzi jedním a vzápětí druhým směrem. Liší se pouze poměry stojné a švihové fáze a výška kroků [33].

## 2.4 ÚROVEŇ SOUČASNÉHO POZNÁNÍ

---

Ve většině případů se k analýze chůze využívá krok po přímé trajektorii, neboť otočka má větší variabilitu. Protože je však otočka mnohem náročnější než přímá chůze, jsou na ní odchylky vidět dříve.

V této kapitole je popsáno několik studií, které se analyzám přímé chůze a otočkám věnovaly. Analýzy přímé chůze jsou zde popsány spíše pro představu a zajímavost, jaké parametry sledovaly.

Studie v roce 2005 analyzovala pomocí kamery a siloměrných desek na chodníku o délce 8 m. Studie se zaměřila na sledování rychlosti chůze a délky kroku, parametry byly porovnávány mezi zdravými lidmi a pacienty s Parkinsonovou chorobou. Studie zjistily, že rychlost chůze zdravých jedinců byla  $1,19 \pm 0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , zatímco rychlost chůze pacientů byla  $1,24 \pm 0,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . S obdobným rozdílem se měnila i délka kroku [31].

V roce 2011 pro měření parametrů chůze byly využity mobilní sensory (s akcelerometry a gyroskopy). Testy podstoupily 3 skupiny: zdraví lidé a pacienti v raném a ve středním stádiu nemoci. Byla provedena standardní analýza a výsledkem byla schopnost rozpoznání pacientů a zdravých lidí s citlivostí 88 % a rozpoznání lehkého a těžkého stádia nemoci s citlivostí 100 % [2].

Další studie se zabývala spolehlivostí TUG testu. 12 lidí podstoupilo TUG test v pěti po sobě jdoucích dnech vždy za stejných podmínek a studie sledovala podobnost výsledků z jednotlivých měření. Měřenými parametry byly čas a rychlost. Z výsledků se zjistilo, že údaje naměřené během chůze (čas, rychlost) jsou vysoce spolehlivé a údaje z otočky mezi měřeními se sice podobaly o něco méně, přesto ale výsledky pro různé analýzy jsou dostačující [30].

V roce 2004 byly porovnávány různé typy otoček během TUG testu. Test podstoupili pacienti v raném a pozdním stádiu Parkinsonovy choroby i zdravé osoby. Bylo zjištěno, že během TUG testu obě skupiny volily častěji otočku o více krocích (skupina v raném stádiu v 76% a skupina v pozdním stádiu v 47%). Ve druhém měření byla srovnávána chůze skupiny lidí s Parkinsonovou chorobou a kontrolní skupiny při nesení horkého nápoje. Bylo sledováno



hned několik parametrů: počet kroků, stabilita, pohyb hrnku v prostoru či nutnost použití podpěry během otočky. Jedním z výsledků bylo zjištění, že udržování stability ve formě kroků do stran bylo častější u pacientů s těžkým stádiem nemoci [33].

Při dalším testování byla v otočce zaznamenána svalová síla, dynamická výkonová bilance a stádium onemocnění. Studie potvrdila, že pacienti s vyšším stádiem nemoci potřebovali na otočku více času a jejich stabilita byla horší [13].

V dalších studiích se výzkumníci zabývali vyjma maximální rychlosti při otočce také např. pohybem paže [36].

### 3 METODIKA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tato část bakalářské práce je zaměřena na analýzu vlivu Parkinsonovy choroby na otočku. Na začátku popisuje principy, na nichž jsou měřící systémy založeny, v další části se zabývá volbou parametrů a nakonec jejich výpočtem a zhodnocením.

Porovnáním sledovaných skupin mezi sebou lze potvrdit nebo vyvrátit různé hypotézy:

Porovnáním zdravých osob s pacienty s Parkinsonovou chorobou bez medikace se ukáže, zda tato nemoc má výrazný vliv na otočku.

Při porovnání zdravých osob se skupinou pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací se potvrdí, jestli se chůze pacientů při léčbě podobná chůzi zdravých osob.

Srovnáním dat pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací a bez medikace se potvrdí, zda se po aplikaci léčby jejich chůze zlepšila, i když nemusí být shodná s chůzí zdravých osob.

Praktická část bakalářské práce je rozdělena do těchto kroků:

- **Teoretická východiska** (kapitola 3.1) k principům a postupům využitých při měření a výpočtech (akcelerometry, TUG test, Eulerovy úhly atd.);
- **Měření vstupních parametrů** (kapitola 3.2) a jejich výběr;
- **Zpracování dat** (kapitola 3.3);
- **Vyhodnocení** (kapitola 3.4) hypotéz statistickými analýzami.

## 3.1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

---

Akcelerometry jsou zařízení, která měří akceleraci a mají tu vlastnost, že svá data počítají vůči vlastnímu souřadnému systému. Aby bylo možné data smysluplně zpracovat a porovnat, je potřeba výsledky z akcelerometrů převádět do zemského souřadného systému, přičemž je třeba mít na paměti, že v ose kolmé k zemi bude ke změřeným výsledkům připočteno tíhové zrychlení. Proto tato kapitola popisuje nejen princip akcelerometrů, ale také popis přepočtu dat pomocí Eulerových úhlů a kvaternionů.

### 3.1.1 AKCELERACE (ZRYCHLENÍ)

Zrychlení je veličina udávající změnu rychlosti za určitý časový úsek. Jde o vektorovou veličinu nesoucí informaci o směru a velikosti.

Jednotkou zrychlení je metr za sekundu na druhou ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ).

Zrychlení lze zapsat jako první derivaci rychlosti, popř. jako druhou derivaci dráhy, [11]:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (1)$$

Kde:  $a$  je zrychlení objektu,  $v$  je rychlost objektu a  $t$  je čas

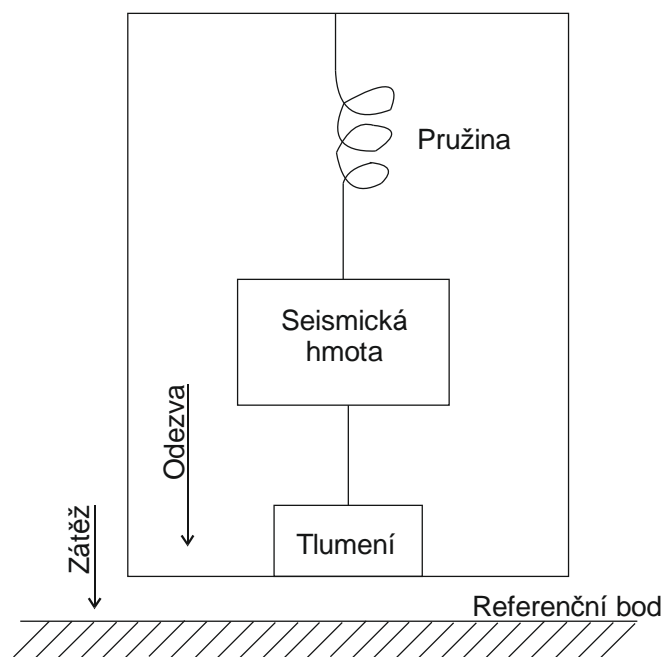
Speciálním zrychlením je zrychlení tíhové, jehož hlavní složkou je gravitační zrychlení. Velikost tíhového zrychlení v naší zeměpisné šířce se pohybuje kolem  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . I tuto hodnotu akcelerometr zaznamená, proto je potřeba ji odečíst (v souřadnici z).

### 3.1.2 AKCELEROMETRY

Gyroakcelerometrické systémy jsou zařízení, která umožňují měřit akceleraci (zrychlení), vibrace a náklon. Zatímco akcelerometry měří pouze akceleraci, gyroakcelerometry měří i náklon a vibrace. Využívají referenční bod uvnitř senzoru a měří statické i dynamické zrychlení. Statické zrychlení představuje tíhové zrychlení, dynamické zrychlení je příčinou změny pohybu. Protože se akcelerometry využívají zejména na výpočet zrychlení dynamického, je potřeba pro správné výpočty statické zrychlení odfiltrovat.

Podle počtu os se akcelerometry dělí na jednoosé, dvouosé a tříosé; další dělení je např. na akcelerometry se seismickou hmotou (piezoelektrické a piezorezistivní), kapacitní akcelerometry aj. [11]

Akcelerometry pracující se seismickou hmotou mají poměrně jednoduchý princip: Seismická hmota (hmotnostní element) je buzena v soustavě složené z pružiny, hmoty a tlumení (hmota je připojena k pružině), výchylka je vyhodnocena vůči referenčnímu bodu. Tlumení v systému představuje proudění vzduchu nebo fyzické tlumiče [12].



Obrázek 2: Obecný princip akcelerometru se seismickou hmotou. (Zdroj: Kmoníčková)

Většina elektronických součástek je kvůli mechanickým vlastnostem, srovnatelným s vlastnostmi železa a oceli, vyrobena především z křemíku.

Základní typy akcelerometrů [12]:

- *Piezoelektrické akcelerometry* využívají kompresní a smykové deformace, přičemž při smykové deformaci je nábojová citlivost větší než při kompresní. Výstupní veličinou je piezoelektrické napětí. Používají se k měření vysokých hodnot dynamického zrychlení (až  $2 \cdot 10^4$  g).

Výhodou je malá citlivost k rušivým vlivům a deformaci základny pouzdra. Tyto akcelerometry mají i řadu nevýhod: teplotní závislost piezoelektrického materiálu je nutné kompenzovat, nelze je použít na měření statického zrychlení apod.

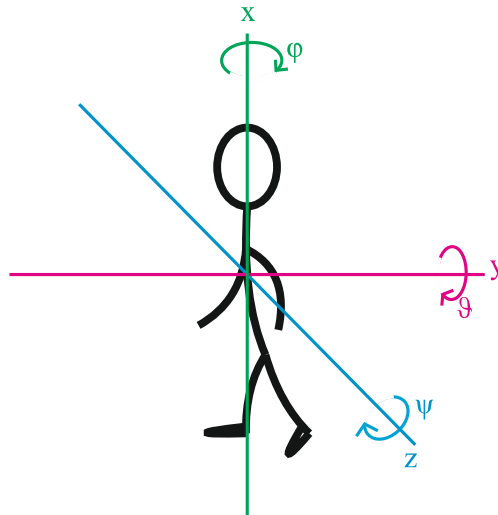
- *Kapacitní akcelerometry* jsou založeny na změnách kapacity, které odpovídají změnám zrychlení. Jsou složeny z dvou deskových kondenzátorů a pohyblivé elektrody. Pohybem akcelerometru dojde ke změně vzdálenosti desek kondenzátoru. Na jednom kondenzátoru dochází ke snižování kapacity, na druhém k jejímu zvýšení. Rozdíl obou kapacit pak určuje výslednou akceleraci. Výpočet ze dvou kapacit snižuje i teplotní závislost akcelerometru. Tyto akcelerometry jsou velmi citlivé a hodí se spíše pro nízké dynamické rozsahy.
- *Piezorezistivní akcelerometry* obsahují materiál převádějící sílu, která vznikne působením seismické hmoty, na změnu odporu. Tyto akcelerometry jsou vysoce citlivé.

### 3.1.3 EULEROVY ÚHLY

Polohu tuhého tělesa je možno vyložit pomocí translačního a rotačního pohybu. Eulerovy úhly umožňují popsat otočení vůči jinému systému, což si lze představit jako změnu počáteční polohy vůči konečné.

Rotační pohyb je definován úhlovou rychlostí  $\omega$ . Jde o úhel ležící v ose rotace, přičemž v prostoru je možné rotaci rozložit do tří os. Jednotlivé úhly vektorů se nazývají Eulerovy úhly.

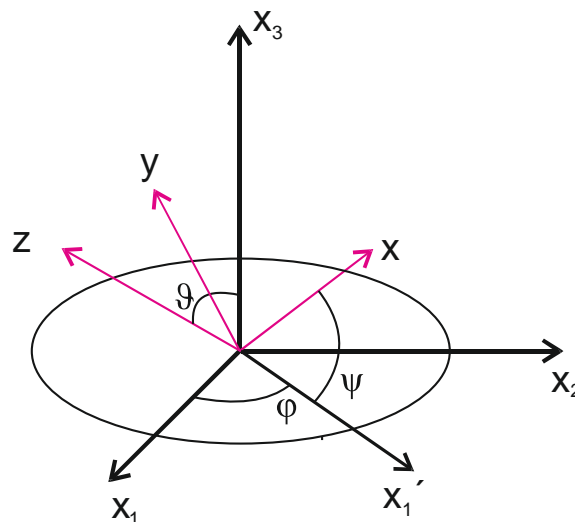
Eulerovy úhly se používají např. u přepočtů dat ze souřadného systému akcelerometru do zemského souřadného systému. Zemské souřadnice (x, y, z) jsou pevné a nehybné, kdežto souřadnice objektu (X, Y, Z) jsou vloženy do pohybujícího se tělesa [24].



Obrázek 3: Osy otáčení. (Zdroj: Kmoníčková)

Každý z Eulerových úhlů má svůj název podle osy, ke které přísluší [24]:

- $\varphi$  – *yaw* (rotace kolem osy x) – rotační úhel
- $\psi$  – *pitch* (rotace kolem osy z) – precesní úhel
- $\theta$  – *roll* (rotace kolem osy y) – nutační úhel



Obrázek 4: Postupné otáčení kolem os. (Zdroj: Kmoníčková)

Otočením objektu kolem osy  $x_3$  o úhel  $\varphi$  a tím se dostane osa  $x_1$  do polohy  $x_1'$  (Obrázek 4).

Toto otočení vyjádříme maticí  $D$  [16]:

$$D = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi & 0 \\ -\sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Následně se systém otočí o úhel  $\vartheta$  kolem osy  $x_1'$ . To lze vyjádřit maticí  $C$  [16]:

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\vartheta & \sin\vartheta \\ 0 & -\sin\vartheta & \cos\vartheta \end{pmatrix} \quad (3)$$

Otočení systému o úhel  $\psi$  vyjadřuje matice  $B$  [16]:

$$B = \begin{pmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Kombinací těchto tří rotací je získána výsledná poloha a výsledná matice je dána maticovým součinem  $A = BCD$  [16].

Matice rotace  $R = X_1Z_2X_3$  vypadá takto, [23]:

$$X_1Z_2X_3 = \begin{bmatrix} C_2 & -C_3S_2 & S_2S_3 \\ C_1S_2 & C_1C_2C_3 - S_1S_2 & -C_1S_1 - C_1C_2S_3 \\ S_1S_2 & C_1S_3 + C_2C_3S_1 & C_1C_3 - C_2S_1S_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Kde:  $\underline{1}, \underline{2}, \underline{3}$  jsou úhly  $\varphi, \theta, \psi$ ,  $\underline{S}$  – sinus,  $\underline{C}$  – cosinus a osy  $\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z}$

### 3.1.4 KVATERNIONY

Kvaterniony zobecňují komplexní čísla. Kvaternion je číslo, které má tvar  $q = w+xi+yj+zk$ , kde  $x, y$  a  $z$  jsou reálná čísla a  $i, j, k$  jsou kvaternionové jednotky. Pro tyto jednotky platí [9]:

$$ij = -ji = k, jk = -kj = i, ki = -ik = j \text{ a } ii = kk = jj = ijk = -1$$

Následné sčítání a násobení kvaternionů pak postupuje po jednotlivých složkách.

Převod dat ze souřadného systému senzoru na data zemského souřadného systému se provádí stejně jako u Eulerových úhlů pomocí rotačních matic. Rotační matici kvaternionu  $q = |wxyz|$  je možné zapsat jako [9]:

$$M = \begin{bmatrix} 1 - 2y^2 - 2z^2 & 2xy - 2wz & 2xz + 2wy \\ 2xy + 2wz & 1 - 2x^2 - 2z^2 & 2yz - 2wx \\ 2xz - 2wy & 2yz + 2wx & 1 - 2x^2 - 2y^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

## 3.2 MĚŘENÍ VSTUPNÍCH PARAMETRŮ

---

Vstupní data byla získána z měření tří skupin:

- *kontrolní skupina* – 9 zdravých osob;
- *pacienti s Parkinsonovou chorobou bez medikace* – 12 osob;
- *pacienti s Parkinsonovou chorobou s medikací* – stejných 12 osob jako v předchozím případě, pouze pod vlivem medikamentů.

Jednotlivé skupiny podstoupily TUG test dvakrát, přičemž byly monitorovány gyroakcelometrickým systémem Xbus. Měření, které nebylo předmětem bakalářské práce, proběhlo v Neurologické klinice 1. Lékařské fakulty Univerzity Karlovy a ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze. Charakteristiky testu i systému, které byly při měření využity, jsou popsány v následujících kapitolách.

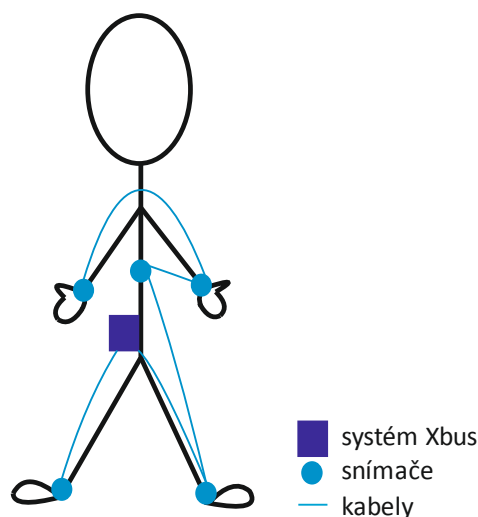
### 3.2.1 TUG TEST

Test TUG (Time Up and Go), test načasovaného vstávání a chůze, je zaměřen na chůzi a rovnováhu. Je měřena doba, za niž pacient vstane ze židle o daných rozměrech, přejde vzdálenost 3 – 7 m, otočí se, vrátí se a sedne si opět na židli. Pacienti mají povoleno používat pomůcku, kterou používají v „běžném“ životě (např. hůl), a mohou si test vyzkoušet nanečisto. Test se provádí jednou nebo dvakrát. Pokud se test provede dvakrát, výsledky se pak většinou zprůměrují. Zdraví jedinci by měli test udělat do 10 s. Pokud je pacient alespoň zčásti závislý na okolí, bude test trvat 11 – 20 s. Hodnoty nad 30 s ukazují, že pacient je ve většině případů zcela závislý na okolí [4].

### 3.2.2 SYSTÉM XBUS

Systém Xbus firmy Xsens je zařízení, které sleduje několik snímačů a vzorkuje přicházející data. Snímače obsahují gyroakcelerometry. Přes kabel jsou data ze snímače posílána do systému Xbus Master, odkud jsou pak bezdrátově posílána do počítače.





Obrázek 5: Zapojení a umístění snímačů a systému Xbus. (Zdroj: Kmoníčková)

Data pro toto zpracování byla získána z pěti snímačů připevněných na tělo měřené osoby (Obrázek 5). Dva snímače byly pevně umístěny na kotnících zevně (PDK/LDK), dva na pravém a levém zápěstí (PHK/LHK), poslední byl na hrudi (H).

Senzory na nohou se propojují se systémem Xbus pomocí 1,5 metru dlouhého kabelu, pro spojení senzorů rukou a dolních končetin s hrudí se používají kabely dlouhé 2 metry. Tak dlouhé kabely se používají, aby se neomezoval pohyb. Xbus Master byl připevněn na opasku [35].

Vzhledem ke zvoleným parametrům jsem využila senzory pravé a levé dolní končetiny. Data získaná ve formátu \*.txt byla pro analýzu převedena do prostředí Matlab.

### 3.2.3 PŘESNOST MĚŘENÍ

Chyby lze částečně odstranit správným zacházením, které uvádí výrobce. Je třeba sledovat tři základní problémy: mechanické rázy, magnetické rušení a umístění senzorů na tělo.

Ačkoli jsou senzory poměrně odolné, je třeba dát pozor na příliš velké rázy, např. pád senzorů na zem [35].

Přesnost ovlivňují i feromagnetické látky, protože působí na magnetické kompasy v senzorech. TUG test začíná zvednutím osoby ze židle. Pokud by židle byla železná, mohla by způsobit odchylku v kompasu, a tedy nepřesnou orientaci senzoru. Feromagnetické látky však musí být blízko (v řádech centimetrů), aby odchylku způsobily [35].

Senzory by měly být umístěny symetricky, aby bylo možné data mezi sebou porovnávat. Jejich pevné umístění pak zabrání posunu během měření.

### 3.2.4 ZVOLENÉ PARAMETRY

Před zpracováním bylo důležité si ujasnit, jaké parametry budou sledovány. Nejčastěji se hodnotí parametry časoprostorové (např. celková doba otočky). Protože se dají počítat z naměřené akcelerace, lze se vyhnout odchýlkám převedeným integracemi (např. na dráhu či rychlost).

Pro porovnání jednotlivých skupin jsem zvolila tři parametry:

- čas otočky;
- počet kroků na obou dolních končetinách;
- podobnost otoček mezi prvním a druhým měřením.

Čas trvání otočky patří mezi základní parametry, neboť jde o parametr, který zahrne všechny faktory a není zaměřen například pouze na dolní končetiny. S ohledem na různé typy otoček, kdy se může stát, že měřená osoba se na jedné noze otočí na místě a na druhé udělá několik kroků, se budou počítat kroky zvlášť na pravé a zvlášť na levé dolní končetině.

Z vlivu nemoci na chůzi se vycházelo i v případě volby posledního parametru. Lidé z kontrolní skupiny by měli více podléhat parametrům své vlastní osobité chůze, tzn. že jejich otočka z prvního měření by se neměla příliš lišit od otočky z druhého měření, neboť nejsou ovlivňováni příznaky Parkinsonovy nemoci. Podobnost otoček v kontrolní skupině by tedy měla být větší než podobnost ve skupině s Parkinsonovou nemocí bez medikace. Výsledky ze skupiny s medikací by se pak měly blížit k výsledkům kontrolní skupiny.

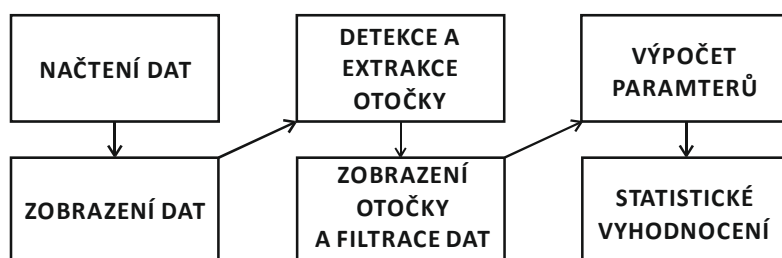
Tento předpoklad by měl platit pro všechny zvolené parametry.

### 3.3 ZPRACOVÁNÍ DAT

V následujících podkapitolách je shrnuto zpracování dat. Získaná data, tj. hodnoty parametrů od každé osoby, jsem zpracovala v prostředí Matlab R2014a a následně statisticky zhodnotila.

Počet kroků a celkový čas otočky se počítal přímo z akcelerace. Pro míru podobnosti mezi otočkami jsem volila i variantu výpočtu z pozice, neboť žádné otočky si nebudou podobné 100%; případné lehké odchylky by v tomto případě nemusely vadit. Tím je umožněno i případné porovnání výsledků.

Zpracování dat jsem prováděla podle následujícího schématu:



Obrázek 6: Schéma zpracování získaných dat. (Zdroj: Kmoníčková)

Pro lepší čitelnost parametrů jsem provedla filtraci dat, aby se tak odstranily drobné výchyly, které mohly být způsobeny např. lehkým zatřesením končetiny. Stejně tak bylo odečteno tíhové zrychlení z dat svislé osy z.

#### 3.3.1 FORMÁT VSTUPNÍCH DAT

Výstupem měření byla data v textových dokumentech, která obsahovala matici o několika sloupcích zaznamenávajících konkrétní veličinu a tolika řádcích, kolikrát byla jednotlivá data během měření zaznamenána.

Zaznamenané hodnoty z měření:

- zrychlení v jednotlivých směrech  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ;
- hodnoty z gyroskopů v jednotlivých osách  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ;
- hodnoty kvaternionů.

Data byla měřena s frekvencí 100 Hz, tedy 100 záznamů za sekundu. Každý senzor měl výsledky v samostatném souboru. Byla provedena dvě měření, takže výsledkem bylo 10 souborů u každého pacienta.

### 3.3.2 NAČTENÍ DAT

Data ze souboru \*.txt byla převedena do souboru \*.mat a následně přepočítána do zemského souřadného systému, v němž byly využity hodnoty kvaternionů.

Kvaterniony rozšiřují komplexní čísla. Jsou to čtveřice reálných čísel s definovanými operacemi sčítání a násobení, které představují rotaci.

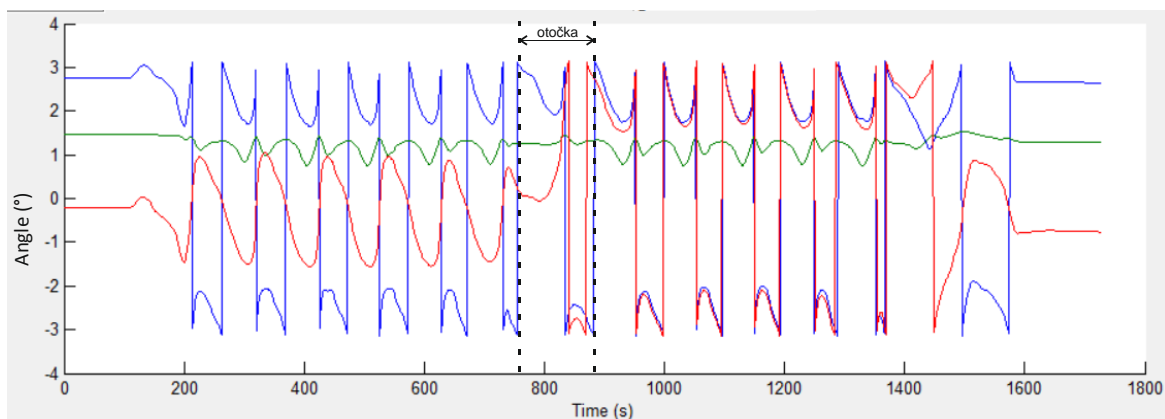
Rotační matice vypadá takto [9]:

$$M = \begin{bmatrix} 1 - 2y^2 - 2z^2 & 2xy - 2wz & 2xz + 2wy \\ 2xy + 2wz & 1 - 2x^2 - 2z^2 & 2yz - 2wx \\ 2xz - 2wy & 2yz + 2wx & 1 - 2x^2 - 2y^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Hodnoty zrychlení ve svislém směru (osa  $z$ ) obsahovaly i tíhové zrychlení, které bylo pro lepší orientaci odečteno.

### 3.3.3 ZOBRAZENÍ DAT A DETEKCE OTOČKY

Zobrazila jsem si dva grafy. První zobrazoval vypočítané Eulerovy úhly a druhý zrychlení ve všech třech osách. Při tomto porovnání bylo vidět, že vymezení otočky se provádělo mnohem lépe na Eulerových úhlech. Při přímé chůzi se Eulerovy úhly periodicky opakovaly, ale v okamžiku počátku otočky se změnily. Tento bod byl označen, a jakmile se křivka opět periodicky opakovala, označil se druhý bod jako konec otočky (graf 1).



graf 1: Grafické zobrazení Eulerových úhlů v závislosti na čase a detekce otočky. (Zdroj: Kmoníčková)

### 3.3.4 ROZBOR SIGNÁLU

Ačkoliv z analýz otoček je patrný rozdíl v technice otáčení, dají se rozeznat určité znaky, které se více či méně opakují. Problémem však je vytvoření univerzálního algoritmu, jenž by tyto různé typy otoček zohledňoval. Proto je některé části (např. ořezání otočky) lepší upravit ručně.

Bakalářská práce je zaměřena na porovnávání tří parametrů:

- **Celkový čas**

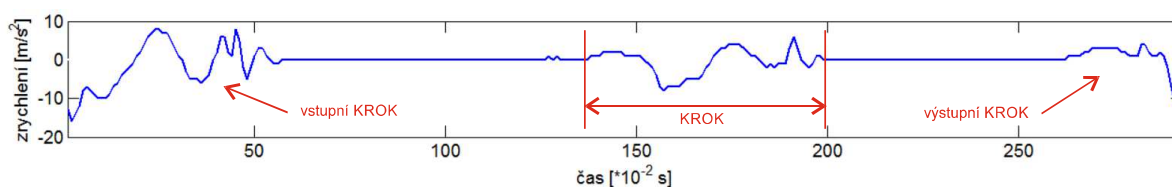
Celkový čas byl získán z počtu vzorků, které byly v průběhu otočky zaznamenány. A protože senzor zaznamenával hodnoty s frekvencí 100 Hz, celkový čas jsem spočítala podle:

$$t = \frac{N}{f} \quad (7)$$

Kde:  $t$  je čas,  $f$  je frekvence a  $N$  je počet naměřených vzorků

- **Počet kroků**

Při chůzi se akcelerace mění určitým způsobem. Pokud bude noha na zemi, akcelerace bude nulová, ale jakmile se noha zvedne z podložky, akcelerace se vychýlí (graf 2). Různé další pohyby nohou (např. třes nebo zakopnutí) jsou ve většině případů dobře čitelné a výpočet kroků nekomplikují.



graf 2: Akcelerace po dobu otočky v ose  $z$  ze senzoru na pravém kotníku. (Zdroj: Kmoníčková)

Problém nastává v okamžiku, kdy křivka akcelerace není tak snadno čitelná. Proto je vhodnější určit počet kroků podle všech tří os, neboť křivka se vychýlí ve všech třech osách ve stejném okamžiku. Případné „zaškobrtnutí“ se tím vyloučí.

- **Míra asymetrie/trend symetrie**

K výpočtu podobnosti otoček mezi jednotlivými měřeními jsem použila dvě metody: metodu využívající vlastní vektory a metodu využívající cyklogramy. Tyto dvě metody byly zvoleny, neboť posuzují symetrii pohybu po celou dobu konání otočky. Použitím metod posuzujících

podobnost částí pohybu (např. při dotyku celého chodidla na podložce) by muselo dojít k následnému ořezání dat, čímž by mohla být vnesena do výpočtu chyba. Současně se tím dá získat detailnější informace o pohybu.

Bakalářská práce vyhodnocuje zvláště měření prováděná na levé a zvláště na pravé dolní končetině, tj. pro obě končetiny byla získána data ze dvou samostatných měření.

Převod akcelerace na pozici lze vyjádřit vztahem:

$$s(t) = \iint a(t) \cdot dt \cdot dt + v_0 t + s_0 \quad (8)$$

Kde:  $a$  je zrychlení,  $v_0$  je počáteční rychlost,  $s_0$  je počáteční pozice a  $t$  je čas

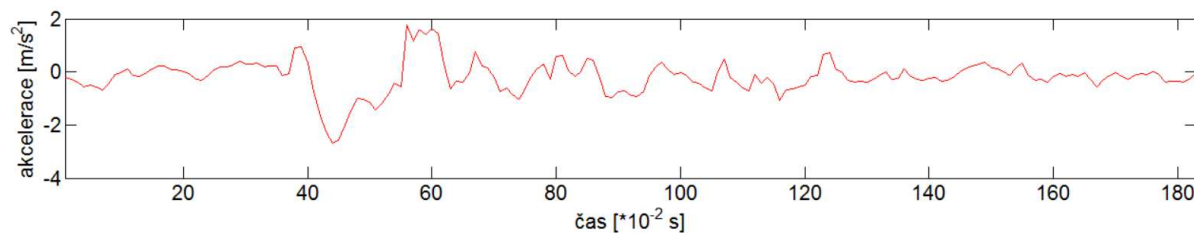
Při aplikaci výpočtu na akcelerometrická data bylo počítáno s nulovou počáteční rychlostí a pozicí.

### METODA VYUŽÍVAJÍCÍ CYKLOGRAMY

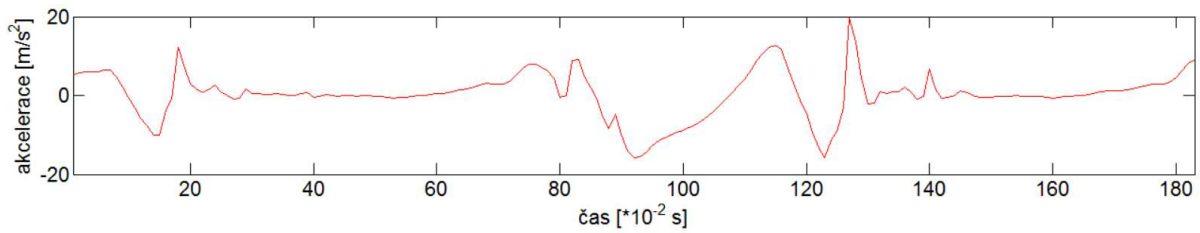
Cyklogramy jsou křivky získané vynesáním hodnot z prvního měření na jednu osu a hodnot z druhého měření na druhou osu do grafu. V tomto případě to byla akcelerace a pozice jedné končetiny při prvním a druhém měření.

Pro možnost porovnání a také proto, že žádný člověk nedokáže otočku zopakovat přesně (případně lehké zkreslení hodnot integrací by tedy nemělo hrát výraznou roli), jsem symetrii počítala, jak pro akceleraci, tak pro pozici.

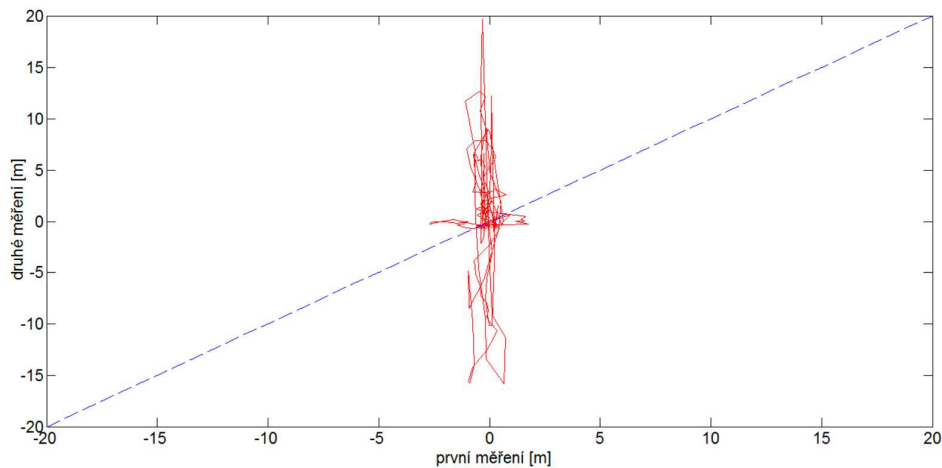
Akcelerace v závislosti na čase osoby z levé dolní končetiny kontrolní skupiny při prvním měření je zobrazena na grafu 3, na grafu 4 je zobrazena při druhém měření. Vytvořením cyklogramu (graf 5) z těchto dvojic hodnot byl získán podklad, z něhož byla následně spočítána plocha uvnitř křivky, minimální moment a úhel mezi vodorovnou přímkou a přímkou procházející středem cyklogramu.



graf 3: Hodnoty akcelerace z levé dolní končetiny kontrolní skupiny v prvním měření.  
(Zdroj: Kmoníčková)

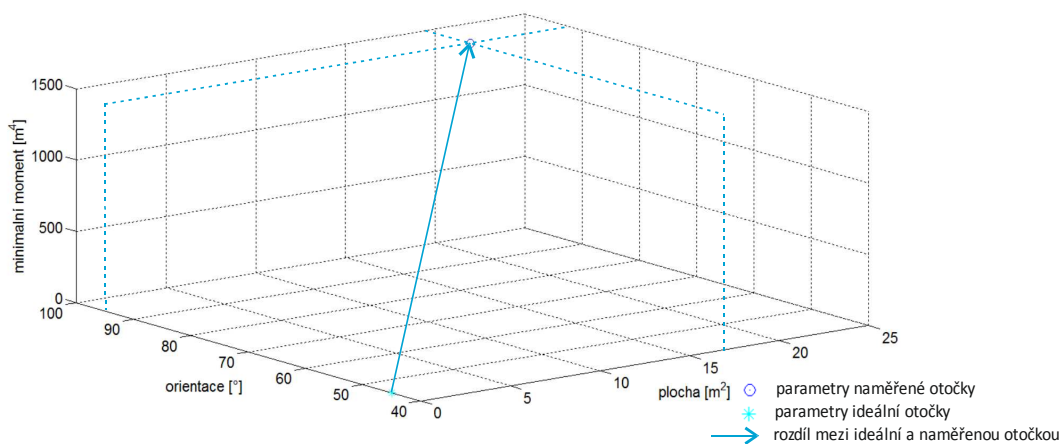


graf 4: Hodnoty akcelerace z levé dolní končetiny kontrolní skupiny ve druhém měření. (Zdroj: Kmoníčková)



graf 5: Červená křivka - cyklogram pro zdravou osobu, modrá přímka – optimální otočka. (Zdroj: Kmoníčková)

Otočka je velmi závislá na vnějším prostředí a na tom, kolem které nohy se člověk otočí a jaký typ otočky zvolí. Grafy se mohou více či méně lišit. Pro ideální otočku, tedy pro úplnou symetrii platí, že plocha uvnitř cyklogramu je nulová, úhel je  $45^\circ$  a minimální moment je nulový. Přičemž největší moment je na ose kolmé na přímku symetrie, naopak nulový moment je na přímce symetrie. Porovnáním rozdílů vypočítaných hodnot s hodnotami ideální otočky je získána odchylka od ideální otočky. Čím větší bude tato odchylka, tím více se otočky z jednotlivých měření odlišují [9]. Graf 6 vyjadřuje odchylku ideální otočky od naměřené.



graf 6: Grafické zobrazení míry asymetrie a odchylka od ideální otočky. (Zdroj: Kmoníčková)

## METODA VYUŽÍVAJÍCÍ VLASTNÍ VEKTORY

Metodou využívající vlastní vektory je získán trend symetrie, který je dalším indexem v hodnocení podobnosti otočky.

Trend symetrie je vyjadřován v procentech, kde 0 % reprezentuje maximální symetrii. Počítá se jako poměr variability bodů okolo vlastního vektoru (variabilita osy  $\underline{y}$ ) k variabilitě bodů podél vlastního vektoru (variabilita osy  $\underline{x}$ ). Hodnoty jsou získány na základě vzorce [6]:

$$\begin{Bmatrix} X_{Ri} \\ Y_{Ri} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_{Ti} \\ Y_{Ti} \end{Bmatrix} \quad (9)$$

Kde:  $\underline{X}_{Ti}, \underline{Y}_{Ti}$  je rozdíl naměřené hodnoty od střední hodnoty jednoho bodu pro každé měření zvlášť,  $\underline{X}_{Ri}, \underline{Y}_{Ri}$  jsou otočené prvky jednoho bodu pro každé měření zvlášť a  $\theta$  je úhel mezi vlastním vektorem a osou  $\underline{x}$ .



### 3.4 VYHODNOCENÍ

---

Výsledky všech tří sledovaných skupin jsou vzájemně porovnávány statistickou analýzou pro zjištění, zda případný zjištěný rozdíl je statisticky podstatný. Analýza se pro rozdíly prováděla mezi všemi skupinami, tzn.:

- kontrolní skupina a pacienti bez medikace;
- kontrolní skupina a pacienti s medikací;
- pacienti bez medikace a pacienti s medikací.

Pro výpočet jsem využila program Matlab pomocí funkcí *ranksum* a *signrank*. Porovnávala jsem všechny zvolené parametry, tj. čas, kroky, trend symetrie a míru asymetrie.

Funkce *ranksum* počítá na principu dvouvýběrového Wilcoxonova testu, který je obdobou testu Mann-Whitneyova. Jde o neparametrický test dvou výběrů spojitého rozdělení, na sobě nezávislých.

Tímto testem byla porovnána kontrolní skupina s pacienty s Parkinsonovou chorobou. Test byl prováděn na hladině významnosti 5 %, která říká, s jakou pravděpodobností je zamítána nulová hypotéza [19] – testujeme nulovou hypotézu o shodě parametrů skupin. Alternativní hypotéza říká, že mezi skupinami je statisticky významný rozdíl.

Protože byly porovnávané skupiny lehce různorodé, jako např. různé stádium nemoci u pacientů s Parkinsonovou chorobou, byl test proveden i na 10% hladině významnosti.

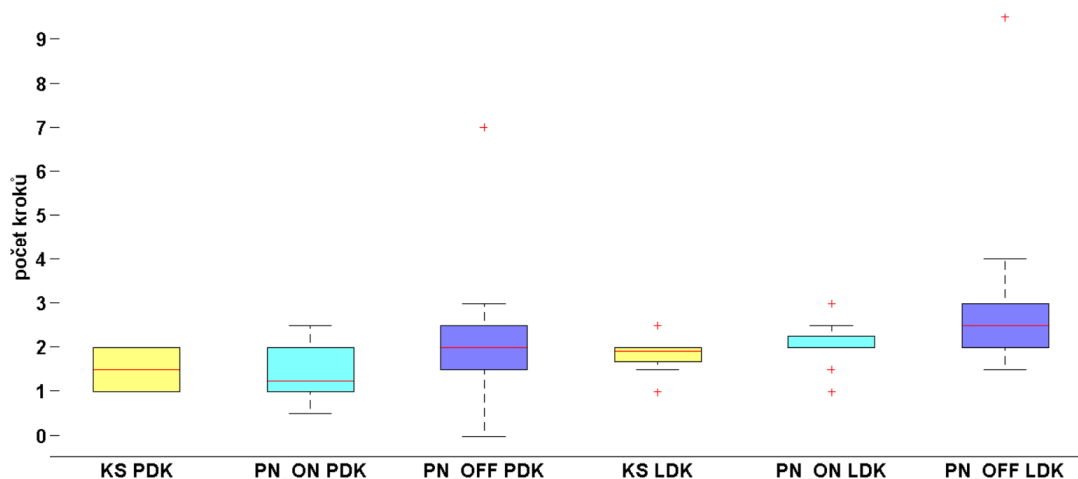
Funkce *signrank* počítá na principu neparametrického Wilcoxonova párového testu. Porovnávají se dvě měření provedená u jednoho souboru. Tento test jsem použila na porovnání osob s Parkinsonovou nemocí před medikací a po medikaci. Test se prováděl opět na 5% hladině významnosti, kdy nulová hypotéza říká, že mezi skupinami není statisticky významný rozdíl [20].

## 4 VÝSLEDKY

Výsledky byly rozděleny do podkapitol podle jednotlivých parametrů a podle statistického zhodnocení a boxplotů (krabicových grafů). Krabicové grafy jsou situovány podle jednotlivých os a parametrů, kdy první tři boxy platí pro pravou dolní končetinu a poslední tři pro levou dolní končetinu. Žluté boxy patří kontrolní skupině, světle modré boxy pacientům s Parkinsonovou chorobou s medikací a tmavě modré boxy pacientům s Parkinsonovou chorobou bez medikace. Červená úsečka popisuje medián a výška boxu rozsah hodnot. Červené křížky pak zobrazují extrémní hodnoty, které vybočují od ostatních. Vypočítané parametry otoček všech pacientů jsou v příloze 2.

### 4.1 VÝSLEDKY PRO POČET KROKŮ

Na grafu 7 jsou hodnoty mediánů poměrně vyrovnané, i když lehký rozdíl u dat pravé dolní končetiny mezi pacienty bez medikace a kontrolní skupinou zaznamenat lze. U obou dolních končetin ve skupině pacientů bez medikace je vidět extrémní hodnota jedné osoby (tento pacient udělal 7 kroků na jedné a 9 kroků na druhé končetině), což je velmi odlišný výsledek od ostatních pacientů ve skupině (v této skupině byly znamenány průměrně 2-3 kroky na každé dolní končetině). Podle grafů z přílohy je vidět, že tento pacient B. J. dělal kroky i mnohem kratší a menší (Příloha 2).



graf 7: Krabicový graf počtu kroků na LDK a PDK pro všechny skupiny. (Zdroj: Kmoníčková)

Statistická analýza na hladině významnosti 5 % jsou však rozdíly mezi skupinami minimální. Alternativní hypotéza tak byla přijata pouze v případě porovnávání dat pravé dolní končetiny mezi pacienty bez medikace a s medikací (Příloha 1, Tabulka 7).

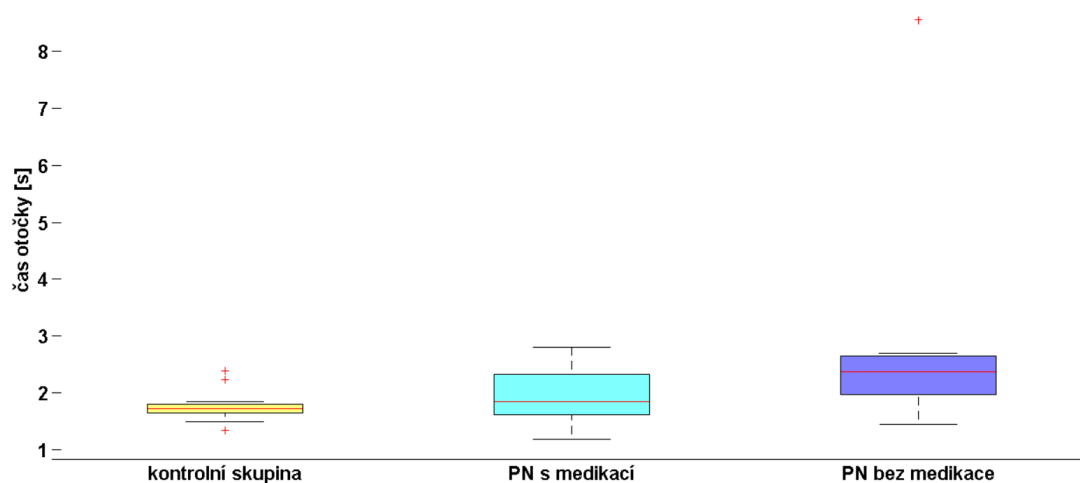
Naopak na hladině významnosti 10 % byla alternativní hypotéza přijata pro obě dolní končetiny mezi pacienty s medikací a bez medikace. Mezi kontrolní skupinou a pacienty bez medikace byl potvrzen statisticky významný rozdíl pouze u pravé dolní končetiny.

## 4.2 VÝSLEDKY PRO CELKOVÝ ČAS

Z porovnání doby trvání otočky je patrné, že lidé z kontrolní skupiny potřebovali na otočku průměrně 1,8 s, pacienti s medikací 2 s a pacienti bez medikace 2,5 s.

Medián kontrolní skupiny a pacientů s medikací si je velmi podobný, ale medián pacientů bez medikace se od obou lehce liší (graf 8). Opět je vidět, že jeden pacient měl otočku před medikací výrazně delší než ostatní, po medikaci však byly jeho výsledky podobné. Podle porovnání hodnot s přílohou 2 bylo zjištěno, že jde o stejného pacienta jako v kapitole 4.1.

Nulová hypotéza na hladině významnosti 5 % byla v případě porovnávání kontrolní skupiny s pacienty bez medikace zamítnuta. Lze tedy říci, že pro tyto skupiny je rozdíl statisticky významný. Tento rozdíl je patrný i z grafu. V případě porovnání kontrolní skupiny a pacientů s medikací nulovou hypotézu zamítnout nelze, a proto nelze považovat rozdíl skupin za statisticky významný. Na 10% hladině významnosti byl potvrzen rozdíl mezi všemi skupinami (Příloha 1, Tabulka 8).

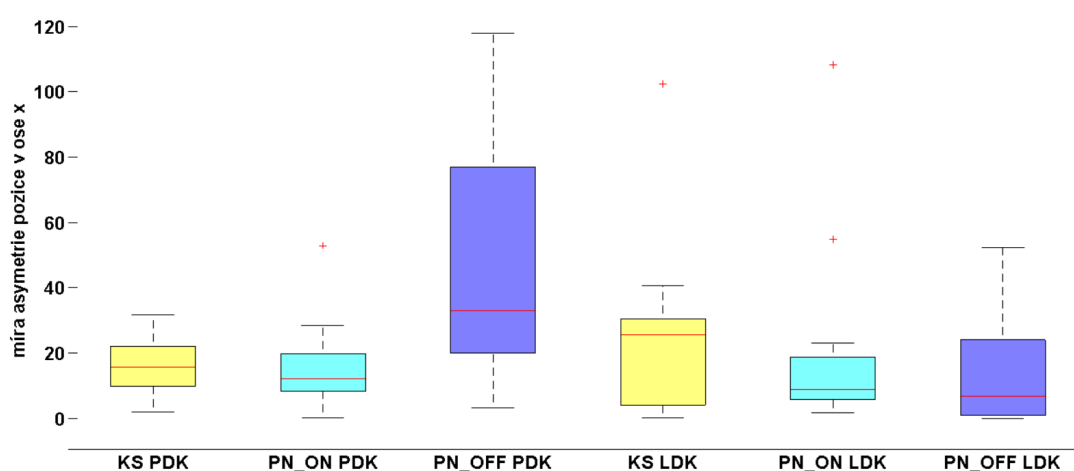


graf 8: Krábový graf času otočky pro všechny skupiny. (Zdroj: Kmoníčková)

## 4.3 VÝSLEDKY PRO MÍRU ASYMETRIE

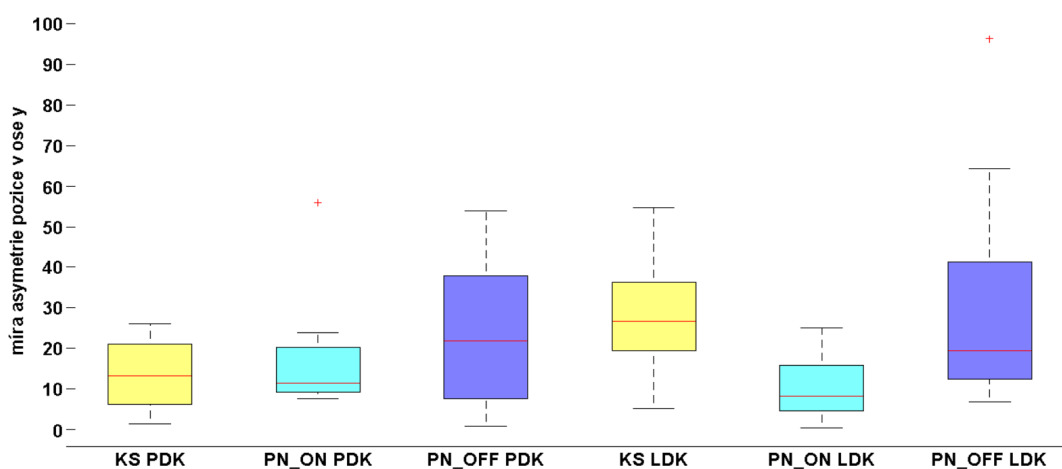
### 4.3.1 Z POZICE

Graf 9 popisuje míru asymetrie v ose  $x$ . Skupina pacientů bez medikace má oproti ostatním poměrně výrazný rozptyl hodnot, především na pravé dolní končetině. V tomto případě byl statistický významný rozdíl zaznamenán při porovnávání hodnot pravé dolní končetiny skupin pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací a bez medikace, ale také při porovnání kontrolní skupiny s pacienty bez medikace a to pro obě hladiny významnosti (Příloha 1, Tabulky 1, 2, 3).



graf 9: Krabicový graf míry asymetrie z pozice pro PDK a LDK všech skupin v ose  $x$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

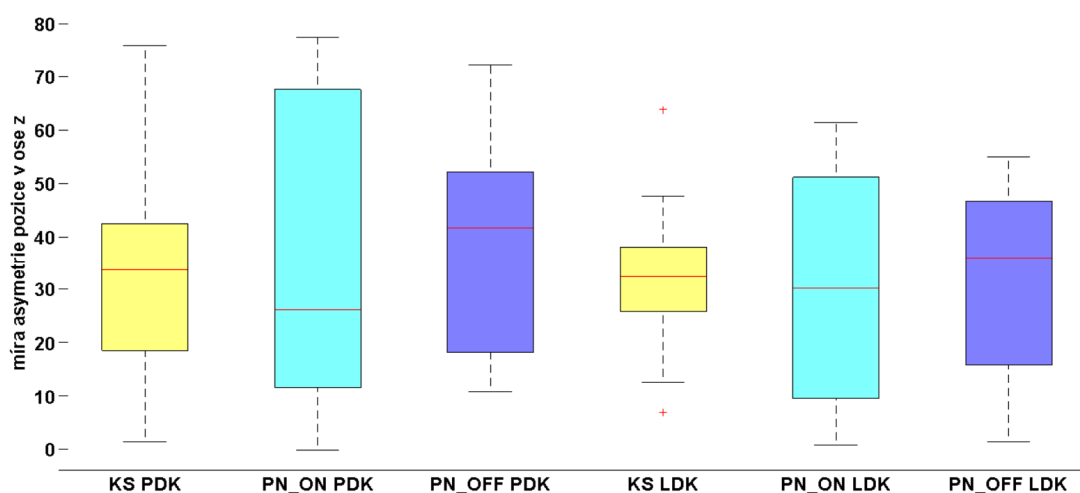
Na dalším grafu (graf 10) je porovnávána míra asymetrie v ose  $y$ . Zde sice je patrný lehký rozdíl mediánů mezi skupinami, avšak rozdíl v rozptylu není tak výrazný jako v předchozím případě.



graf 10: Krabicový graf míry asymetrie z pozice pro PDK a LDK všech skupin v ose  $y$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

V tomto případě byla potvrzena alternativní hypotéza pro data levé dolní končetiny při porovnání těchto dvojic skupin: kontrolní skupina a pacienti s medikací, pacienti bez medikace a s medikací pro hladinu významnosti 5 % i 10 %. To znamená, že mezi kontrolní skupinou a pacienty s medikací a mezi pacienty s medikací a bez medikace existuje statisticky významný rozdíl pro hodnoty levé dolní končetiny (Příloha 1, Tabulka 1, 2, 3).

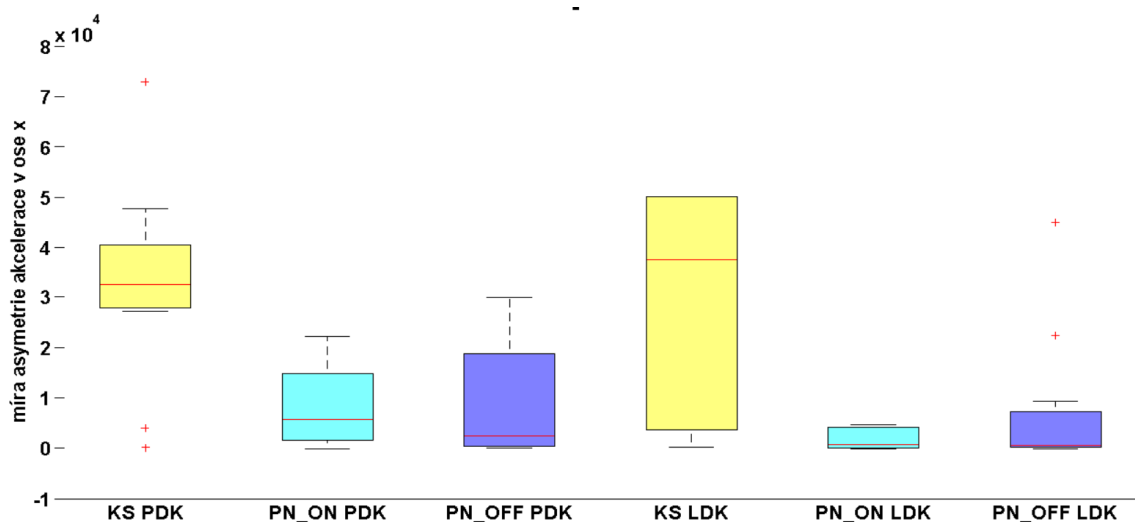
V poslední ose  $z$  (graf 11) je vidět velký rozptyl hodnot ve všech skupinách, až na kontrolní skupinu u levé dolní končetiny. Mediány v jednotlivých skupinách pro obě dolní končetiny si jsou poměrně podobné. Ani statistická analýza neodhalila výrazný rozdíl a nulová hypotéza byla při vzájemném porovnání všech skupin přijata na obou hladinách významnosti (Příloha 1, Tabulka 1, 2, 3).



graf 11: Krabicový graf míry asymetrie z pozice pro PDK a LDK všech skupin v ose  $z$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

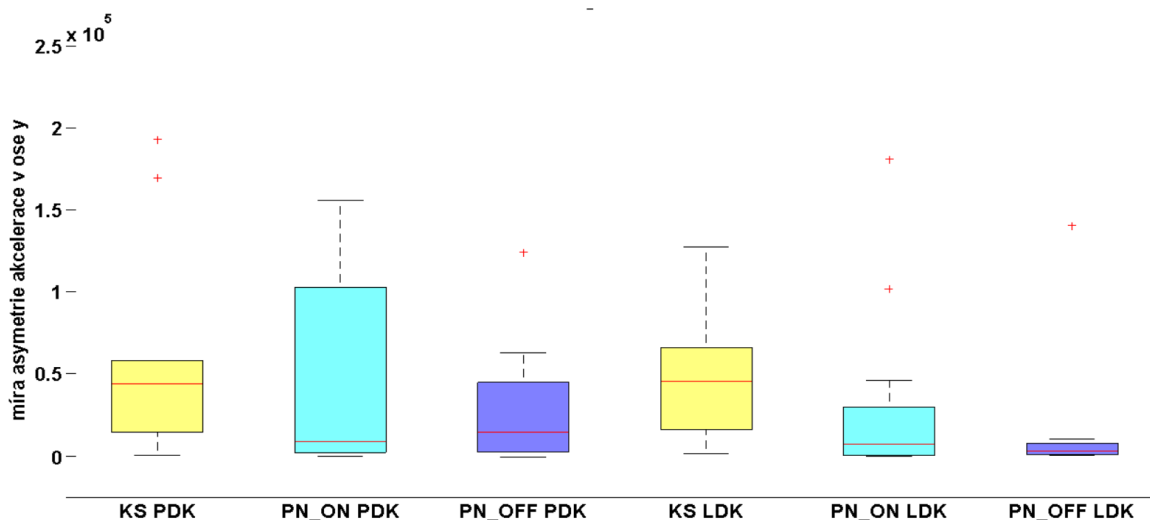
### 4.3.2 Z AKCELERACE

Z následujícího grafu (graf 12) si lze pro míru asymetrie vypočítané z akcelerace povšimnout, že kontrolní skupina měla v jednom případě poměrně malou podobnost otoček a ve druhém případě je zde pro levou dolní končetinu velký rozptyl hodnot. Ostatní skupiny měly medián i rozptyl hodnot menší. Na 5 % hladině významnosti byl zaznamenán rozdíl v hodnotách na levé dolní končetině mezi skupinou kontrolní a pacienty bez medikace (Příloha 1, Tabulka 1, 2, 3) a na 10 % hladině významnosti mezi kontrolní skupinou a pacienty s medikací.



graf 12: Krabicový graf míry asymetrie z akcelerace pro PDK a LDK všech skupin v ose  $x$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

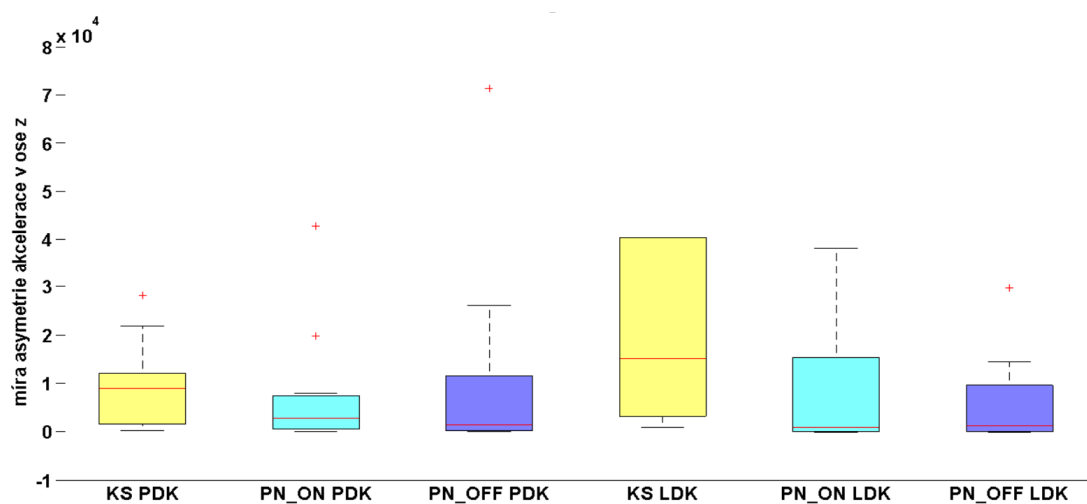
Graf 13 ukazuje poměrně velkou podobnost otoček v případě levé dolní končetiny pro pacienty bez medikace, naopak pacienti s medikací vykazují u hodnot z pravé dolní končetiny poměrně velký rozptyl.



graf 13: Krabicový graf míry asymetrie z akcelerace pro PDK a LDK všech skupin v ose  $y$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

Pro analýzu hodnot levé dolní končetiny na 5% i 10 % hladině významnosti mezi kontrolní skupinou a pacienty bez medikace byla přijata alternativní hypotéza (Příloha 1, Tabulka 1, 2, 3). A také byla alternativní hypotéza přijata mezi kontrolní skupinou a pacienty s medikací na 10% hladině významnosti.

V ose  $z$  (graf 14) jsou mediány poměrně vyrovnané až na data z levé dolní končetiny kontrolní skupiny, ta mají shodou okolností i poměrně velký rozptyl. Přesto na hladině významnosti 5 % ani 10 % nebyla v tomto případě potvrzena žádná hypotéza (Příloha 1, Tabulka 1, 2, 3).

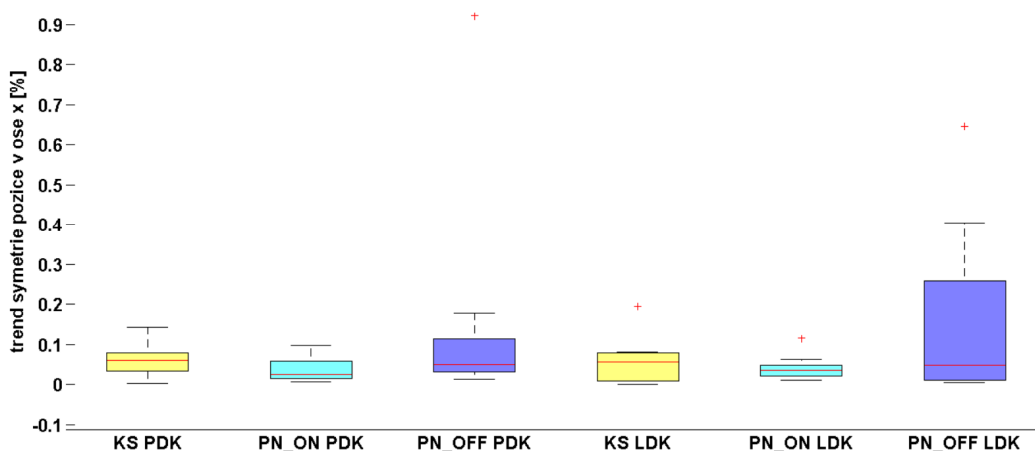


graf 14: Krabicový graf míry asymetrie z akcelerace pro PDK a LDK všech skupin v ose  $z$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

## 4.4 VÝSLEDKY PRO TREND SYMETRIE

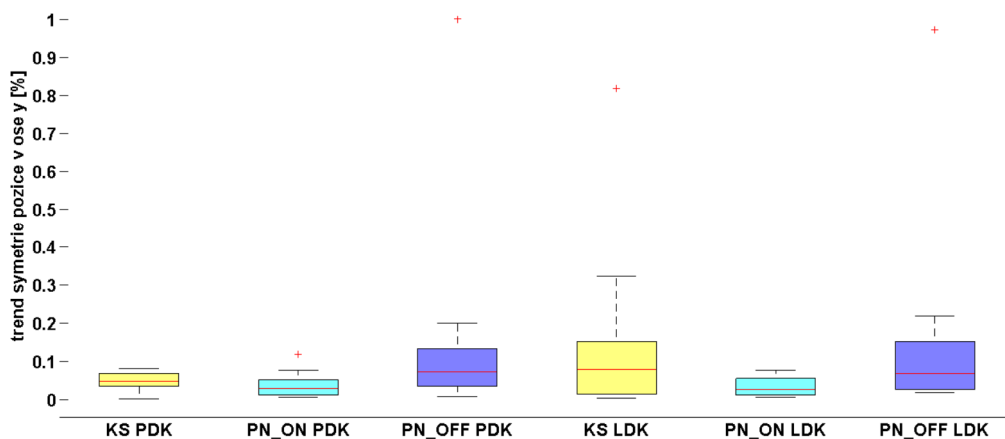
### 4.4.1 Z POZICE

Na grafu 15 je patrné, že hodnoty mediánu a rozptylu všech skupin jsou si velmi podobné, až na rozptyl skupiny s pacienty bez medikace na levé dolní končetině. Takto malé mediány poukazují na skutečnost, že otočky si byly v této ose velmi podobné. Nejen podle grafu, ale ani statistická analýza neprokázala rozdíl mezi skupinami a nulová hypotéza nebyla zamítnuta na 5 % hladině významnosti. Na 10% hladině byl potvrzen rozdíl mezi pacienty s medikací a bez medikace u pravé dolní končetiny (Příloha 1, Tabulka 4, 5, 6).



graf 15: Krabicový graf trendu symetrie z pozice pro PDK a LDK všech skupin v ose  $x$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

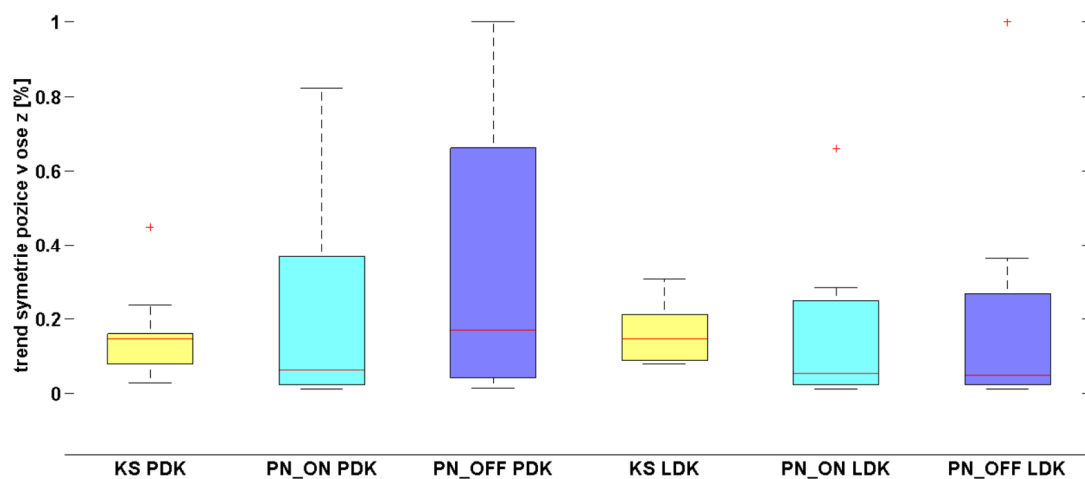
V ose  $y$  (graf 16) byl potvrzen pouze jeden statistický rozdíl, a to na levé dolní končetině mezi pacienty bez medikace a s medikací na obou hladinách významnosti a na pravé dolní končetině na 10% hladině významnosti. I v tomto případě jsou rozptyly i mediány poměrně malé a těžko se poznává mezi skupinami nějaký podstatný rozdíl (Příloha 1, Tabulka 4, 5, 6).



graf 16: Krabicový graf trendu symetrie z pozice pro PDK a LDK všech skupin v ose  $y$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)



V ose z (graf 17) už tak velká podobnost otoček zaznamenaná nebyla. U všech skupin se zvedl nejen medián, ale také rozptyl hodnot. Největší medián a rozptyl byl zaznamenán na pravé dolní končetině u pacientů bez medikace. V tomto případě vyšplhala jedna hodnota dokonce na 100 %. Statistický rozdíl zde zaznamenaný nebyl na žádné hladině významnosti (Příloha 1, Tabulka 4, 5, 6).

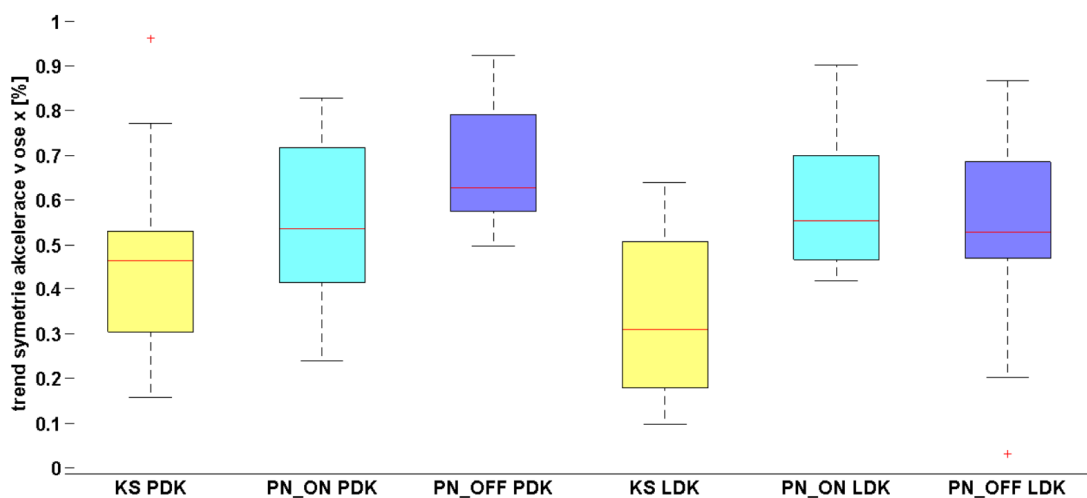


graf 17: Krabicový graf trendu symetrie z pozice pro PDK a LDK všech skupin v ose z.  
(Zdroj: Kmoníčková)

#### 4.4.2 Z AKCELERACE

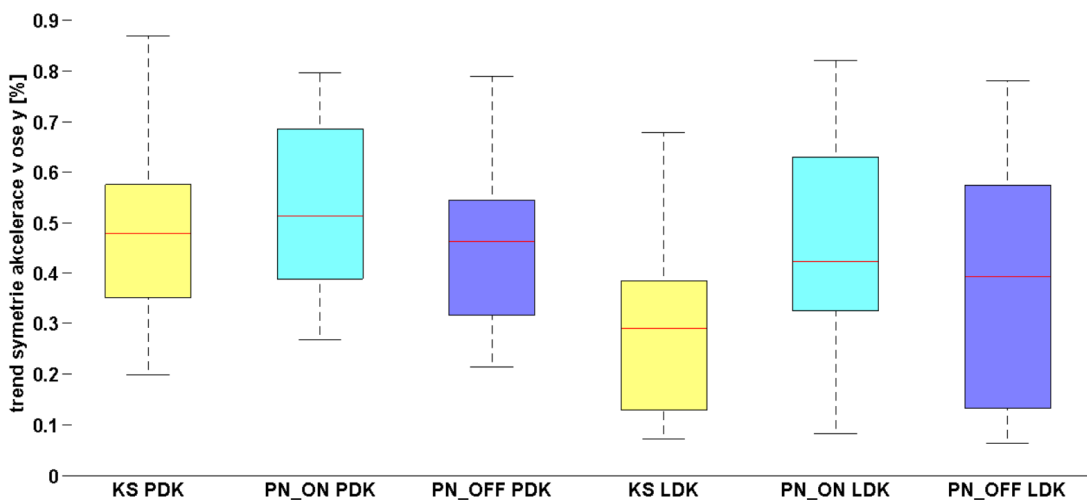
Už na první pohled je patrné, že rozdíly v akceleraci jsou podstatně větší než rozdíly v pozici (graf 18). Na ose  $x$  je zřetelný poměrně výrazný rozdíl mezi většinou skupin, alespoň co se mediánu týče. Zvětšily se i rozptyly hodnot.

Nulová hypotéza na 5% i 10% hladině významnosti byla zamítnuta ve dvou případech. První rozdíl byl zjištěn na pravé dolní končetině mezi kontrolní skupinou a pacienty bez medikace a druhý statistický rozdíl byl na levé dolní končetině mezi kontrolní skupinou a pacienty s medikací. Pouze na 10 % hladině významnosti byla hypotéza přijata mezi pacienty s medikací a bez medikace u hodnot z pravé dolní končetiny (Příloha 1, Tabulka 4, 5, 6).



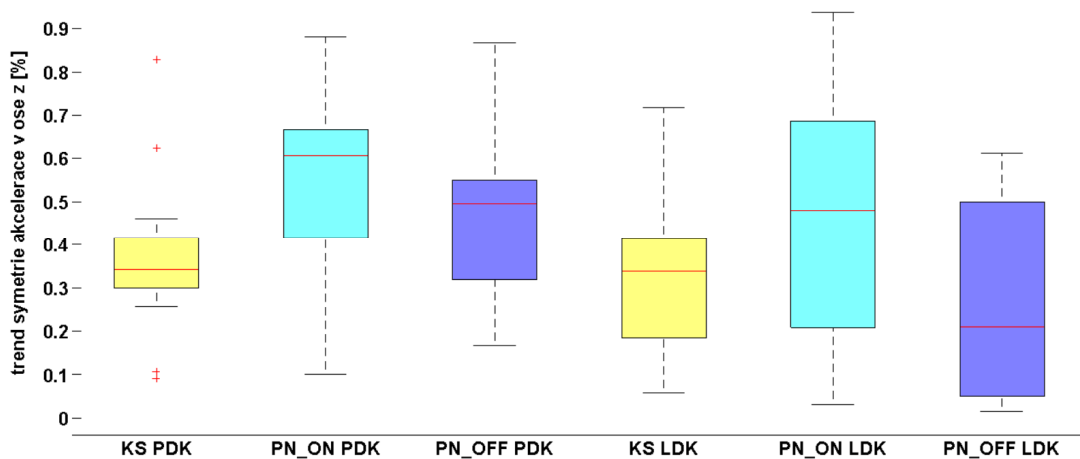
graf 18: Krabicový graf trendu symetrie z akcelerace pro PDK a LDK všech skupin v ose  $x$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

V ose  $y$  (graf 19) je rozptyl o kus větší, ale mediány se příliš neliší, až na výjimku hodnot u levé dolní končetiny kontrolní skupiny. Statistický rozdíl zde však potvrzen nebyl.



graf 19: Krabicový graf trendu symetrie z akcelerace pro PDK a LDK všech skupin v ose  $y$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

V ose  $z$  (graf 20) je zajímavé, že na levé dolní končetině je medián trendu symetrie pacientů bez medikace dokonce menší než medián kontrolní skupiny. Ovšem rozptyl hodnot se liší. Mezi pacienty bez medikace a s medikací byl zaznamenán statistický rozdíl na levé dolní končetině už na 5% hladině významnosti (Příloha 1, Tabulka 4, 5, 6). Na 10% hladině významnosti byla alternativní hypotéza potvrzena u pravé dolní končetiny mezi kontrolní skupinou a pacienty s medikací.



graf 20: Krabicový graf trendu symetrie z akcelerace pro PDK a LDK všech skupin v ose  $z$ .  
(Zdroj: Kmoníčková)

## 5 DISKUZE

Cílem této práce bylo analyzovat otočku u osob s Parkinsonovou chorobou pomocí výpočtů v programovém prostředí Matlab. Data byla získána pomocí senzorů od firmy Xsens. V této bakalářské práci byly stanoveny a spočítány tři parametry: celková doba otočky, počet kroků při otočce a podobnost otočky z prvního a ze druhého měření. Pro výpočet podobnosti byly zvoleny dvě metody: výpočet pomocí cyklogramů a pomocí vlastních vektorů, neboť využívají celý naměřený průběh otočky.

Prvním předpokladem bylo, že kontrolní skupina bude mít nižší hodnoty parametrů než pacienti bez medikace. Pro tento předpoklad se vycházelo z vlivu Parkinsonovy nemoci na pohybové schopnosti člověka.

Druhým předpokladem bylo, že pacienti bez medikace a s medikací budou mít rozdílné výsledky. Podkladem pro tento předpoklad byl účinek léků, které se při této nemoci užívají pro zmírnění příznaků. Chůze pacientů se by se tak měla pro užití léků zlepšit.

Posledním předpokladem bylo, že hodnoty pacientů s medikací se přiblíží hodnotám kontrolní skupiny.

Na 5 % hladině významnosti nelze říci, že by se výsledky skupin v nějakém parametru lišily, přestože byly některé rozdíly statisticky potvrzeny. Na 10 % hladině významnosti se projevil rozdíl v hodnotách celkového času otočky a to mezi všemi skupinami. Na této hladině byl potvrzen i rozdíl mezi pacienty s medikací a bez medikace v počtu kroků.

Jedním z faktorů, proč jsou výsledky různorodé, může být skutečnost, že měření pacienti měli nejspíš nemoc v počátečních stádiích, s výjimkou jednoho pacienta, který ale výsledné zhodnocení příliš neovlivnil. Pro ilustraci – tento pacient před medikací potřeboval mnohem delší čas na otočku (cca 9 s oproti průměrným 3 s) a udělal větší počet kroků (7 – 9 kroků oproti průměrným 2 – 3 krokům).

Při analýze podobnosti otoček pro pozici a akceleraci se ukázalo, že z hodnot pozice byla podobnost mnohem větší než u akcelerace v případě metody využívající cyklogramy i metody využívající vlastní vektory. I na krabicovém grafu bylo patrné, že se rozptýl a medián hodnot

počítané z pozice nepodobají hodnotám podobnosti počítaným z akcelerace, ačkoli výsledky vycházejí ze stejných dat.

Integracemi výpočtů docházelo k zanesení chyby, kterou nelze ovlivnit. Na druhou stranu se v pozici, vlivem pomalejších změn v signálu, méně projeví rozdíly jako např. v různém okamžiku počátku otočky. To může být totiž jeden z důvodů rozdílných hodnot. Někteří lidé se totiž otočili prakticky na místě, ale někteří udělali malý oblouk. Ke změně Eulerových úhlů tedy docházelo pomaleji, ale především jinak, a tím pádem mohl být počátek určen pokaždé trochu jinde.

Výpočet podobnosti otoček byl zaměřen na levou a pravou dolní končetinu. Jedním ze způsobů, jak výpočet zefektivnit, by mohlo být rozdělení na vnitřní a vnější dolní končetinu. Je totiž pravděpodobné, že se pacienti otáčeli na různé strany a pak při porovnávání skupin byla porovnávána směs otoček doprava a doleva, což mohla způsobit odchylky. Stejně tak by bylo vhodné, kdyby se už při měření ohlíдалo, aby se měřená osoba otočila na stejnou stranu při každém pokusu.

Pro přesnější měření by mohl pomoci např. kamerový systém, neboť senzor zaznamená i zakopnutí a jiné pohyby, které byly pro toto měření nežádoucí. V tomto případě, kdy byla k dispozici pouze data z akcelerometrů, se mohlo pouze předpokládat, že měřená osoba neudělala otočku na místě, ale spíše zvolila trajektorii oblouku o malém poloměru. Podobně by se lépe definoval počátek a konec otočky a zároveň by se lépe určilo, na kterou stranu se osoba otáčela a která končetina je vnitřní a která vnější. Z videozáznamu by se i lépe udělala představa o provedení otočky.

Použití videozáznamu by dokázalo výzkum usnadnit a zpřesnit, ale nelze jím nahradit akcelerometry, které jsou umístěny přímo na měřené osobě, a dávají tak přesná data. Hlavně však poskytují opravdu číselná data, což kamerové systémy neposkytují.

Stejně tak by pro další měření bylo vhodnější nevytvářet pouze tři skupiny (kontrolní, pacienti bez medikace a pacienti s medikací), nýbrž je rozšířit – pacienty bez medikace ještě rozdělit podle stádia nemoci na lehčí a těžší formu.

To potvrzují i výsledky z této práce, z nichž je vidět, že hodnoty jednoho pacienta byly výrazně odlišné od hodnot ostatních osob v jeho skupině.

## 6 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo analyzovat otočku u osob s Parkinsonovou chorobou pomocí výpočtů v programovém prostředí Matlab. Otočka byla zanalyzována pomocí tří parametrů: počet kroků, celkový čas a podobnost mezi otočkami mezi prvním a druhým měřením. Počet kroků a čas byl získáván z akcelerometrických dat, podobnost otoček v jednotlivých osách byl určen z akcelerace a pozice. To umožnilo výsledky mezi sebou porovnat.

Statistická analýza ukázala, že na hladině významnosti 5 % není statistický významný rozdíl v žádném parametru mezi kontrolní skupinou a pacienty, ani mezi hodnotami naměřenými u pacientů s medikací a bez medikace. Ke stejnému závěru se došlo při porovnání kontrolní skupiny a pacienty s medikací, kde by si ale hodnoty měly být podobné.

Naopak na 10 % hladině významnosti byl potvrzen rozdíl v celkovém času otočky mezi všemi skupinami a počtu krocích mezi pacienty s medikací a bez medikace.

Výsledky mohly být ovlivněny stádiem Parkinsonovy nemoci, neboť u jednoho pacienta byl zaznamenán výrazný rozdíl. Stejný vliv může mít například i poměrně obtížná analýza a detekce otočky.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] **BAREŠ, Martin.** *Diagnostika a klinické příznaky Parkinsonovy choroby.* Neurologie pro praxi [online]. rok 2001, číslo 1, strana 22-24. ISSN – 1 803–5280. [20. 4. 2016]. Dostupné z: <http://solen.cz/pdfs/neu/2001/01/08.pdf>. Dostupné z: <http://www.solen.sk/pdf/Bares.pdf>.
- [2] **BARTH, J, J, KLUCKEN, P, KUGLER, T, KAMMERER, R, STEIDL, J, WINKLER, J, HORNEGGER, B, ESKOFIER.** *Biometric and mobile gait analysis for early diagnosis and therapy monitoring in Parkinson's disease.* HYPERLINK "http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6067544" 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society [Online]. IEEE, 2011. [28. 12. 2015.] Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6090226&isnumber=6089866>.
- [3] **BERGER, Jiří, Zbyněk, KALITA, Igor, ULČ.** *Parkinsonova choroba.* Praha : Maxdorf, 2000. ISBN 80-859-1213-9.
- [4] **BERGMANN, Jeroen, et al.** *A normative data-set of Timed Up and Go component times under different conditions.* Xsens [Online]. Xsens. [24. 10. 2015.] Dostupné z:<http://www.xsens.com/customer-cases/normative-data-set-timed-go-component-times-different-conditions/>.
- [5] **BIZIERE, Kathleen E., Matthias, KURTH.** *Living with Parkinson's Disease.* NewYork : Demos Health, 1997. ISBN:1934559644.
- [6] **CRENSHAW, Stephanie J., James G RICHARDS.** A method for analyzing joint symmetry and normalcy, with an application to analyzing gait. *Gait and Posture*, 2006, 24.4, 515-521.
- [7] **DUVOISIN, Roger C., Jacob, SAGE.** *Parkinson's Disease: A Guide for Patient and Family.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001. ISBN: 0781729777.
- [8] **The Michael J. Fox Foundation.** *Genetics and Parkinson's disease* [online]. The Michael J. FOX FOUNDATION1, 2008. [21. 4. 2016]. Dostupné z: <https://www.michaeljfox.org/understanding-parkinsons/living-with-pd/topic.php?genetics>

[9] **GOSWAMI, Ambarish.** *Kinematic quantification of gait asymmetry based on bilateral cyclograms.* U.S. Patent No 7,503,900, 2009.

[10] **GURTNER, Martin.** *Převod quaternionu na Eulerovy úhly.* Letní stáž ve skupině AA4CC. Martin Gurtner. 2012. [24. 10. 2015.]. Dostupné z:  
<http://martingurtner.blogspot.cz/2012/12/prevod-quaternionu-na-eulerovy-uhly.html>.

[11] **HUSÁK, Miroslav.** 9.1.2009. *8. Akcelerometry [pdf].* micro feld [online]. Katedra mikroelektrotechniky FEL ČVUT v Praze [24. 10. 2015.]. Dostupné z:  
<http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34SES/prednasky/08%20Akcelerometry.pdf>.

[12] **HUSÁK, Miroslav.** *Mikrosenzory a mikroaktuátory.* Praha: Academia, 2008. ISBN: 978-80-200-1478-8.

[13] **CHENG, Fang-Yu, Yea-Ru, YANG, Chung-Jen WANG, et al.** *Factors Influencing Turning and Its Relationship with Parkinson's Disease.* *PLoS ONE.* 04 2014, 9, 4, s. e93572. ISSN 1932-6203. [21. 4. 2016]. Dostupné z:  
<http://journals.plos.org/plosone/article/asset?id=10.1371%2Fjournal.pone.0093572.PDF>.

[14] **JANKOVIC, J.** *Parkinson's disease: clinical features and diagnosis.* 14.4.2016 : *Journal of Neurology. Neurosurgery* [online]. 2008, 79, 4, 368-376. DOI: 10.1136/jnnp.2007.131045. [21. 4. 2016]. Dostupné z : <http://jnnp.bmj.com/content/79/4/368>.

[15] **JANURA, Miroslav, František, ZAHÁLKA.** *Kinematická analýza pohybu člověka.* Olomouc: Univerzita Palackého, 2004. ISBN 80-244-0930-5.

[16] **LANGER, Jiří a PODOLSKÝ, Jiří.** *Teoretická mechanika.* Praha: Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Ústav teoretické fyziky, 10 2015. Dostupné z:  
<http://utf.mff.cuni.cz/vyuka/OFY003/TEXTY/tuhetele.pdf>.

[17] **LEES, Adnrew, John, HARDY, Tamas, REVESZ.** *Parkinson's disease.* *The Lancet* [online]. 2009, 373, 2055-2066. ISSN: 0140-6736. Dostupné z:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19524782>

[18] **LIEBERMAN, Abraham N., Frank L., WILLIAMS.** *Parkinson's Disease: The Complete Guide for Patients and Caregivers.* New York : Simon and Schuster, 1993. ISBN: 0671768190.



- [19] **Mathworks.** *ranksum*. The Mathworks (2016, 1994-2016). [21. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/help/stats/ranksum.html>
- [20] **Mathworks.** *signrank*. The Mathworks (2016, 1994-2016). [21. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/help/stats/signrank.html>
- [21] **MOSLEY, Anthony D.** *The Encyclopedia of Parkinson's Disease*. New York: Infobase Publishing, 2009. ISBN: 1438127499.
- [22] **PERRY, Jacquelin, Judith M., BURNFIELD.** *Gait analysis: normal and pathologicla function*. New Jersey : SLACK Incorporated, 2010. ISBN 15-564-2766-2.
- [23] **PIORECKÝ, Marek.** *Vliv Parkinsonovy choroby na kadenci*. Kladno: ČVUT, 2014. Bakalářská práce. ČVUT. Fakulta biomedicínského inženýrství. Katedra biomedicínské techniky.
- [24] **REICHL, Jaroslav, Martin, Všeticka.** *Eulerovy úhly*. Encyklopedie fyziky [online]. 2006. [15. 4. 2016]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/108-eulerovy-uhly>.
- [25] **PRACNÝ, Tomáš.** 2014. *Kinematická analýza jako nová vyučovací metoda*. Sportovní gymnázium Ostrava. [Online] 26. 8. 2014. [30. 11 2015.] <http://www.sportgym-ostlava.cz/uploads/files/kinematicka-analyza-metodika-skripta.pdf>.
- [26] **ROSE, Jessica, James Gibson, GAMBLE.** *Human walking*. Philadelphia: : Lipponcott Williams, 2006. ISBN 07-817-5954-4.
- [27] **RŮŽIČKA, Evžen, Jan, ROTH, Petr, KAŇKOVSKÝ.** *Parkinsonova nemoc a parkinsonské syndromy*. Praha : Galén, 2000. ISBN 80-726-2048-7.
- [28] **RŮŽIČKA, Evžen, Jan, ROTH, Marcela, SEKYROVÁ.** *Parkinsonova nemoc*. Praha : Maxdorf, 2009. ISBN: 978-807-3451-783.
- [29] **SCHAPIRA, Anthony.** *Parkinson's Disease*. London : Oxford University Press, 2010. ISBN 0199550638.
- [30] **SMITH, Erin, Lorcan, WALCH, Julie DOYLE, Barry GREENE, Catherine, BLAKE.** *The reliability of the quantitative timed up and go test (QTUG)*. místo neznámé : Gait & Posture. 01 2016, 43 , 239-244. ISSN 0966-6362. [21. 4. 2016] Dostupné z: [http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362\(15\)00912-1/fulltext](http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362(15)00912-1/fulltext).

**[31] SOFUWA, Olumide, Alice, NIEUWBOER, Kaat, DESLOOVERE, et al.** *Quantitative Gait Analysis in Parkinson's Disease: Comparison With a Healthy Control Group*. Physical Medicine and Rehabilitation. [Online] 05 2005, 5, 1007-1013. [28. 12. 2015.] Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999304013954>.

**[32] Společnost Parkinson.** Parkinson společnost z. s. Společnost Parkinson, 2016. [21. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.spolecnost-parkinson.cz/hlavni-stranka/>

**[33] STACK, E., JUPP, K. a ASHBURN, A.** *Developing methods to evaluate how people with Parkinson's Disease turn 180°: an activity frequently associated with falls*. Physical Medicine and Rehabilitation [online]. 2004, 26, 478-484. ISSN 0003-9993. [28. 12. 2015.] Dostupné z: <https://www.cmich.edu/colleges/CHP/Documents/Parkinson's%20Disease/Developing%20methods%20to%20evaluate%20how%20people%20with%20Parkinson's%20Disease%20turn%20180%20degrees.pdf>.

**[34] WHITTLE, Michael W.** *Gait analysis: an introduction*. Edinburgh : Butterwoth-Heinemann, 2007. ISBN 07-506-8883-1.

**[35] Xsens.** *Xbus kit*. [Online] Xsens. 2000. [24.10.2015]. Dostupné z: <http://www.xsens.com/en/general/xbus-kit>.

**[36] ZAMPERI, Cris, Arash, SALARIAN, Patricia, CARLSON-KUHTA, et al.** *The instrumented Timed Up and Go test: Potential outcome measure for disease modifying therapies in Parkinson's disease*. Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry. 2010;81(2), 171-176. ISSN 0022-3050. [15. 4. 2016] Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3065923/>.

## 8 PŘÍLOHY

### 1. PŘÍLOHA: VÝSLEDKY STATISTICKÉ ANALÝZY

Tabulka 1: statistická analýza míry asymetrie mezi pacienty s medikací a bez medikace

MÍRA ASYMETRIE	OSA	Z POZICE			Z AKCELERACE		
		p	HYPOTÉZA		p	HYPOTÉZA	
			$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PDK	X	0,0093	<b>1</b>	<b>1</b>	0,6221	0	0
	Y	0,4238	0	0	0,6221	0	0
	Z	0,6221	0	0	0,9097	0	0
LDK	X	0,7334	0	0	0,4697	0	0
	Y	0,0093	<b>1</b>	<b>1</b>	0,9097	0	0
	Z	0,7910	0	0	0,8501	0	0

Tabulka 2: statistická analýza míry asymetrie mezi pacienty bez medikace a kontrolní skupinou

MÍRA ASYMETRIE	OSA	Z POZICE			Z AKCELERACE		
		p	HYPOTÉZA		p	HYPOTÉZA	
			$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PDK	X	0,0173	<b>1</b>	<b>1</b>	0,1098	0	0
	Y	0,2707	0	0	0,3374	0	0
	Z	0,5458	0	0	0,3744	0	0
LDK	X	0,4555	0	0	0,0428	<b>1</b>	<b>1</b>
	Y	0,6959	0	0	0,0302	<b>1</b>	<b>1</b>
	Z	0,8590	0	0	0,1098	0	0

Tabulka 3: statistická analýza míry asymetrie mezi pacienty s medikací a kontrolní skupinou

MÍRA ASYMETRIE	OSA	Z POZICE			Z AKCELERACE		
		p	HYPOTÉZA		p	HYPOTÉZA	
			$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PDK	X	0,8590	0	0	0,5940	0	0
	Y	0,4138	0	0	0,1098	0	0
	Z	0,9151	0	0	0,5458	0	0
LDK	X	0,9151	0	0	0,0597	0	<b>1</b>
	Y	0,0095	<b>1</b>	<b>1</b>	0,0949	0	<b>1</b>
	Z	0,8590	0	0	0,1265	0	0

Tabulka 4: statistická analýza trendu symetrie mezi pacienty s medikací a bez medikace

TREND SYMETRIE	OSA	Z POZICE			Z AKCELERACE		
		p	HYPOTÉZA		p	HYPOTÉZA	
			$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PDK	X	0,1099	0	0	0,0923	0	<b>1</b>
	Y	0,0640	0	<b>1</b>	0,6772	0	0
	Z	0,2661	0	0	0,2661	0	0
LDK	X	0,8501	0	0	0,7334	0	0
	Y	0,0049	<b>1</b>	<b>1</b>	0,7910	0	0
	Z	0,9097	0	0	0,0068	<b>1</b>	<b>1</b>

Tabulka 5: statistická analýza trendu symetrie mezi pacienty bez medikace a kontrolní skupinou

TREND SYMETRIE	OSA	Z POZICE			Z AKCELERACE		
		p	HYPOTÉZA		p	HYPOTÉZA	
			$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PDK	X	0,6441	0	0	0,0302	<b>1</b>	<b>1</b>
	Y	0,1886	0	0	1,0000	0	0
	Z	0,8590	0	0	0,2410	0	0
LDK	X	0,3374	0	0	0,1098	0	0
	Y	0,2707	0	0	0,4996	0	0
	Z	0,3028	0	0	0,3744	0	0

Tabulka 6: statistická analýza trendu symetrie mezi pacienty s medikací a kontrolní skupinou

TREND SYMETRIE	OSA	Z POZICE			Z AKCELERACE		
		p	HYPOTÉZA		p	HYPOTÉZA	
			$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PDK	X	0,2136	0	0	0,2410	0	0
	Y	0,4996	0	0	0,4138	0	0
	Z	0,5940	0	0	0,0597	0	<b>1</b>
LDK	X	1,0000	0	0	0,0428	<b>1</b>	<b>1</b>
	Y	0,5940	0	0	0,1452	0	0
	Z	0,1098	0	0	0,4555	0	0

Tabulka 7: statistická analýza počtů kroků

POČET KROKŮ	PDK			LDK		
	p	HYPOTÉZA		p	HYPOTÉZA	
		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PN_ON A PN_OFF	0,0352	<b>1</b>	<b>1</b>	0,0869	0	<b>1</b>
PN_OFF A KS	0,0535	0	<b>1</b>	0,1086	0	0
PN_ON A KS	0,4872	0	0	0,9088	0	0

Tabulka 8: statistická analýza času trvání otočky

ČAS OTOČKY	p	HYPOTÉZA	
		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
PN_ON A PN_OFF	0,0615	0	<b>1</b>
PN_OFF A KS	0,0115	<b>1</b>	<b>1</b>
PN_ON A KS	0,0535	0	<b>1</b>

Kde:  $\alpha$  je hladina významnosti a  $p$  je výsledek statistické analýzy

## 2. PŘÍLOHA: VYPOČÍTANÉ PARAMETRY OTOČKY PRO KAŽDÉHO PACIENTA

V této příloze jsou zobrazeny vypočítané parametry otočky všech pacientů. Pacienti jsou řazeni takto:

- kontrolní skupina: strany 51-60;
- pacienti s Parkinsonovou chorobou: strany 60-84, jsou řazeni podle jména v pořadí bez medikace a s medikací;

Každá stránka je věnována jedné naměřené osobě. Je zachyceno jméno osoby a skupina, do které patří. V první tabulce je zapsán počet kroků na LDK a PDK a celkový čas otočky z prvního a druhého měření.

Následují dva grafy závislosti akcelerace na čase v ose  $z$ . Tyto grafy jsou výsledkem měření a jsou zobrazeny pro ukázkou chůze měřené osoby.

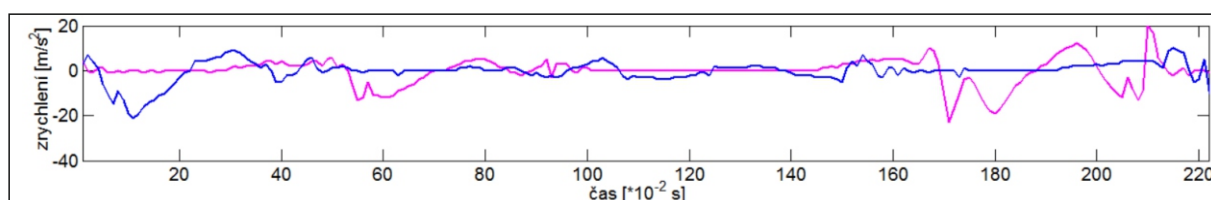
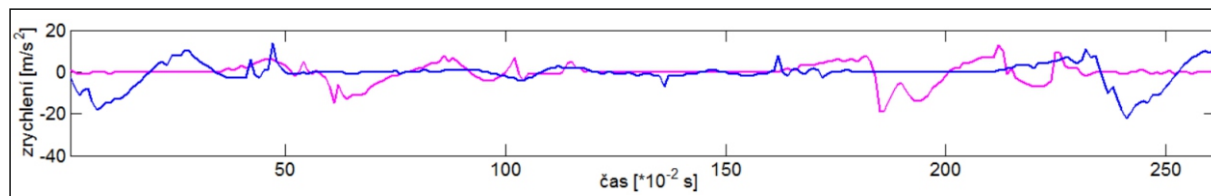
V dalších tabulkách jsou zapsány hodnoty míry asymetrie vypočítané z pozice a akcelerace ve všech osách.

Poslední tabulka udává hodnoty trendu symetrie. Opět je počítána z pozice a akcelerace ve všech osách.

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,6	2,2

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,8061	0,0486	0,0003	0,5376	0,3171	0,0240
ÚHEL [°]	53,1810	37,5496	46,9736	47,9876	60,5902	52,0429
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	1,0043	0,0000	0,0228	47,9876	0,0524	0,0000
MÍRA ASYMETRIE [-]	8,2818	7,4505	7,9737	3,0497	15,5935	7,0429

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	46,8452	78,2069	355,7183	1034,4966	702,5774	357,7075
ÚHEL [°]	90,4875	85,1178	57,4964	87,6260	85,6156	85,5507
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$7,287 \cdot 10^4$	$3,914 \cdot 10^4$	$9,072 \cdot 10^3$	$1,726 \cdot 10^5$	$6,522 \cdot 10^4$	$2,474 \cdot 10^4$
MÍRA ASYMETRIE [-]	$7,287 \cdot 10^4$	$3,914 \cdot 10^4$	$9,072 \cdot 10^3$	$1,726 \cdot 10^5$	$6,856 \cdot 10^4$	$2,474 \cdot 10^4$

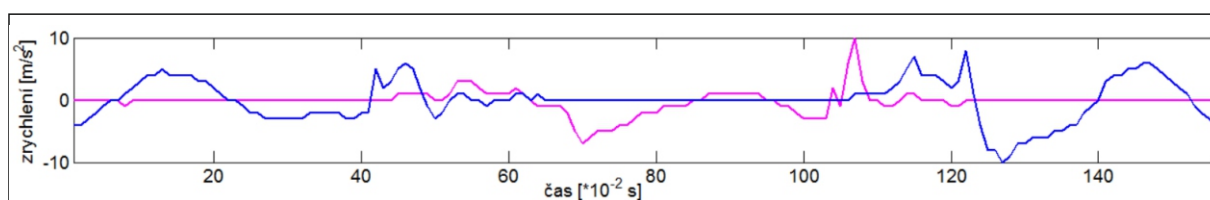
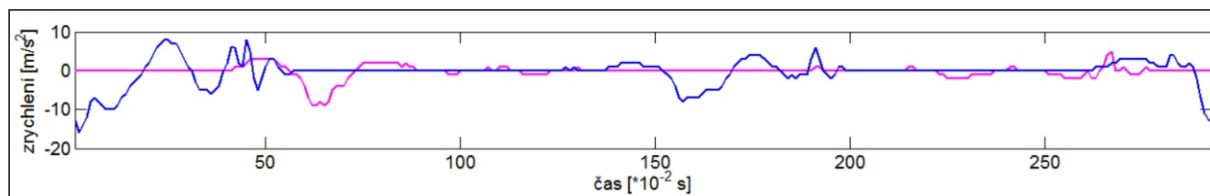
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0041	0,0071	0,0496	0,0078	0,0314	0,0990
Z AKCELERACE [%]	0,3794	0,4884	0,8291	0,5847	0,6793	0,6990

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,9	1,6

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,2208	0,7619	0,0091	0,0651	0,7731	0,0040
ÚHEL [°]	76,8398	68,0354	120,8204	44,5170	62,8485	80,8984
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0287	0,7539	2,431·10 <sup>-5</sup>	0,0033	0,9979	3,796·10 <sup>-5</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	31,8406	23,0605	75,8204	0,4873	17,8931	35,8984

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	80,3400	30,6349	24,5716	67,6931	84,7438	11,4683
ÚHEL [°]	88,8288	89,7164	90,3141	100,8923	94,6393	87,3171
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	4,152·10 <sup>3</sup>	647,5755	1,758·10 <sup>3</sup>	1,136·10 <sup>3</sup>	1,965·10 <sup>4</sup>	5,358·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	4,153·10 <sup>3</sup>	649,8400	1,759·10 <sup>3</sup>	1,140·10 <sup>3</sup>	1,965·10 <sup>4</sup>	5,358·10 <sup>3</sup>

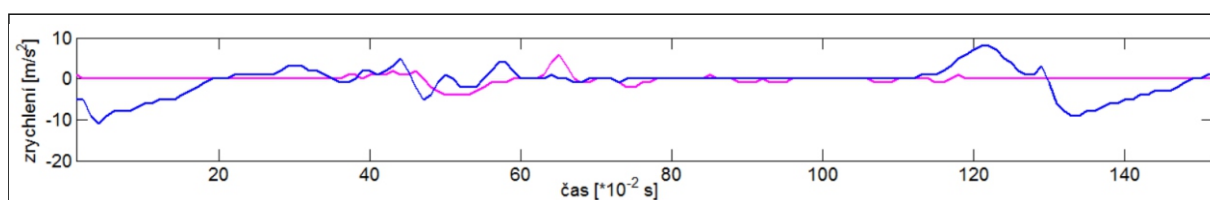
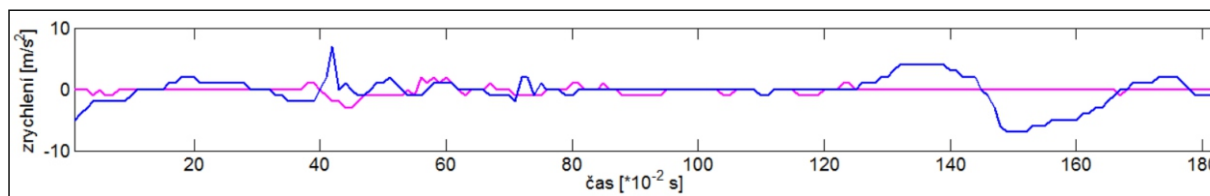
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0352	0,0048	0,1733	0,0117	0,0062	0,2665
Z AKCELERACE [%]	0,5228	0,6645	0,6255	0,5767	0,0988	0,0971

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,8	1,5

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,2309	0,6526	0,0018	0,0313	0,0475	0,0011
ÚHEL [°]	63,1981	65,9800	78,6704	147,4534	99,7957	92,7446
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0411	0,1263	9,603·10 <sup>-6</sup>	0,0027	0,0029	3,517·10 <sup>-7</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	18,1997	20,9905	33,6704	102,4534	54,7957	47,7446

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	296,0330	102,7685	147,6797	13,5404	4,9076	19,2702
ÚHEL [°]	100,1706	77,8292	85,5896	91,0512	90,9484	91,5776
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	3,989·10 <sup>4</sup>	4,538·10 <sup>3</sup>	1,906·10 <sup>3</sup>	332,0941	1,280·10 <sup>5</sup>	1,510·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	3,989·10 <sup>4</sup>	4,539·10 <sup>3</sup>	383,6533	335,5452·1	1,280·10 <sup>5</sup>	1,511·10 <sup>3</sup>

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

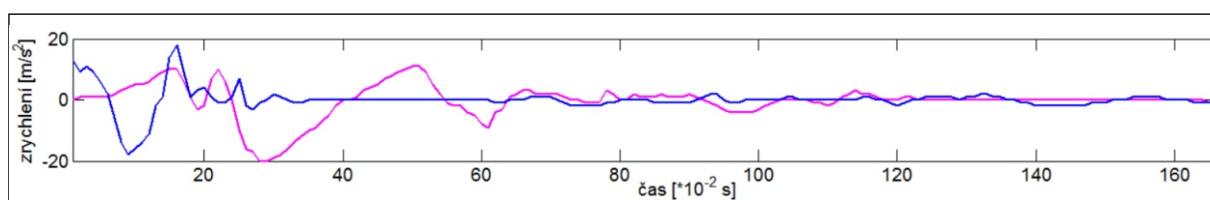
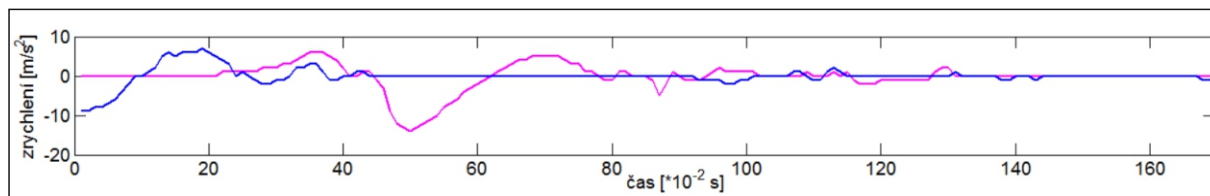
	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0822	0,0826	0,0824	0,0823	0,8177	0,0824
Z AKCELERACE [%]	0,1585	0,1992	0,0921	0,1339	0,0729	0,0593



## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,7	1,6

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0844	0,0872	0,0091	0,2625	0,0378	0,0027
ÚHEL [°]	72,3211	71,0606	90,5429	80,4585	20,5794	74,5738
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0018	0,0260	3,388·10 <sup>-5</sup>	0,0509	9,722·10 <sup>-4</sup>	6,551·10 <sup>-6</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	27,3213	26,0607	45,5429	35,4295	24,4206	29,5738

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	7,8490	73,7941	41,8797	162,2070	37,1016	22,9471
ÚHEL [°]	87,7049	89,6451	89,9724	91,4466	85,5249	91,0572
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	4,129·10 <sup>4</sup>	7,0380·10 <sup>3</sup>	1,804·10 <sup>3</sup>	2,842·10 <sup>4</sup>	6,673·10 <sup>4</sup>	3,126·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	4,129·10 <sup>4</sup>	7,038·10 <sup>3</sup>	1,805·10 <sup>3</sup>	2,842·10 <sup>4</sup>	6,373·10 <sup>4</sup>	3,126·10 <sup>3</sup>

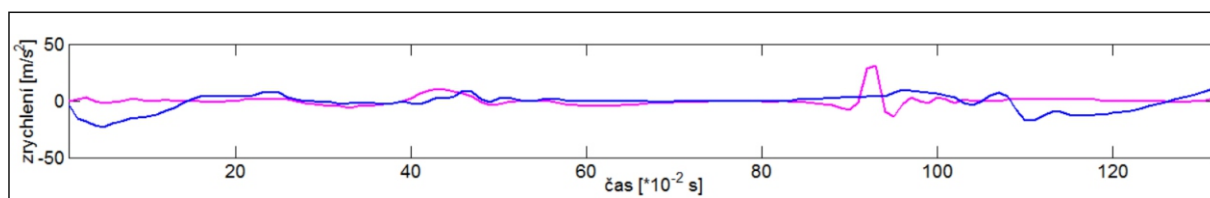
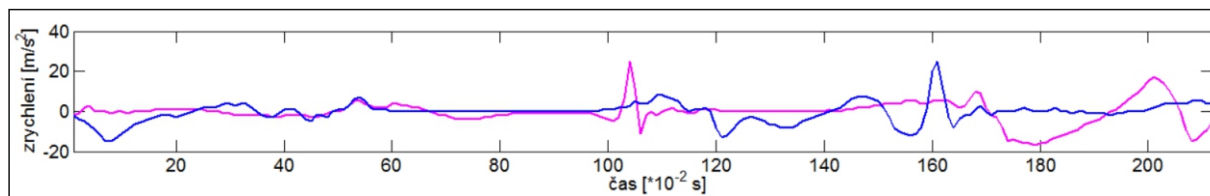
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0808	0,0806	0,0810	0,0799	0,0809	0,0810
Z AKCELERACE [%]	0,2194	0,2337	0,1082	0,1687	0,2172	0,1678

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	1
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,1	1,3

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,0739	0,0217	0,0236	0,4705	0,2919	0,0303
ÚHEL [°]	71,0532	48,1922	51,3015	19,5910	80,2419	67,2542
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	0,0302	4,1063	1,398·10 <sup>-4</sup>	0,2902	0,1512	1,753·10 <sup>-4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	26,0533	5,2012	6,3015	25,4150	35,2435	22,2542

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	171,9515	814,9292	396,7000	259,8628	145,5363	353,3085
ÚHEL [°]	90,1165	70,2629	65,0734	77,5721	89,5815	93,2655
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	2,727·10 <sup>4</sup>	1,931·10 <sup>3</sup>	2,192·10 <sup>4</sup>	3,719·10 <sup>4</sup>	2,042·10 <sup>3</sup>	3,769·10 <sup>4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	2,727·10 <sup>4</sup>	1,931·10 <sup>5</sup>	2,192·10 <sup>4</sup>	3,719·10 <sup>4</sup>	2,049·10 <sup>3</sup>	3,769·10 <sup>4</sup>

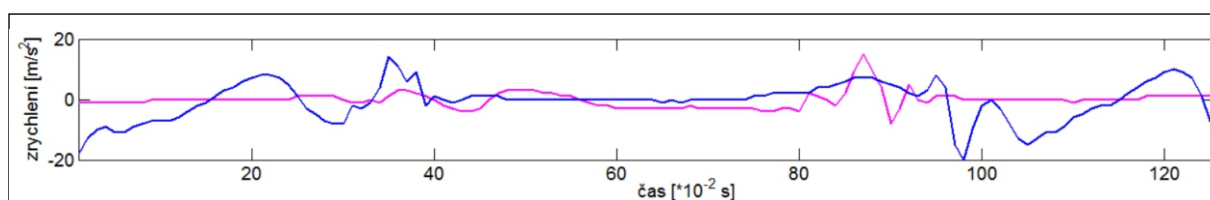
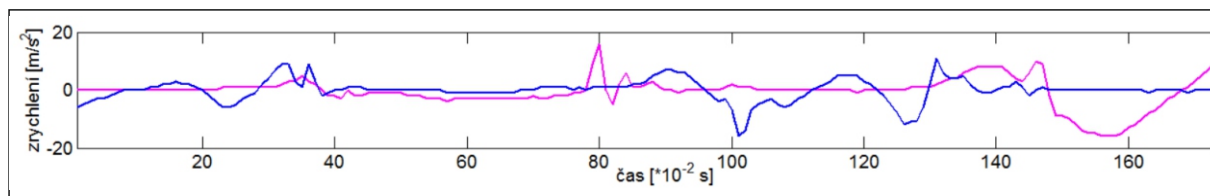
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0816	0,0792	0,0826	0,0811	0,0805	0,0826
Z AKCELERACE [%]	0,2318	0,2913	0,2582	0,1932	0,1028	0,2853

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,7	1,3

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,5160	0,4932	0,01479	0,0408	0,2185	0,0039
ÚHEL [°]	56,5889	54,3703	46,4791	85,6646	23,9524	78,3167
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	0,1286	0,1387	1,990·10 <sup>-4</sup>	0,0960	0,0363	9,46·10 <sup>-4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	11,6011	9,3843	1,4792	40,6648	21,0488	33,3167

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	266,1440	374,5290	27,1933	3,984	9,5922	173,3019
ÚHEL [°]	89,2755	88,7946	95,6661	91,3382	90,7236	89,9737
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	31,2643	4,690·10 <sup>4</sup>	1,521·10 <sup>4</sup>	3,806·10 <sup>4</sup>	1,363·10 <sup>4</sup>	5,829·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	271,6071	4,690·10 <sup>4</sup>	1,521·10 <sup>4</sup>	3,806·10 <sup>4</sup>	1,363·10 <sup>4</sup>	5,829·10 <sup>3</sup>

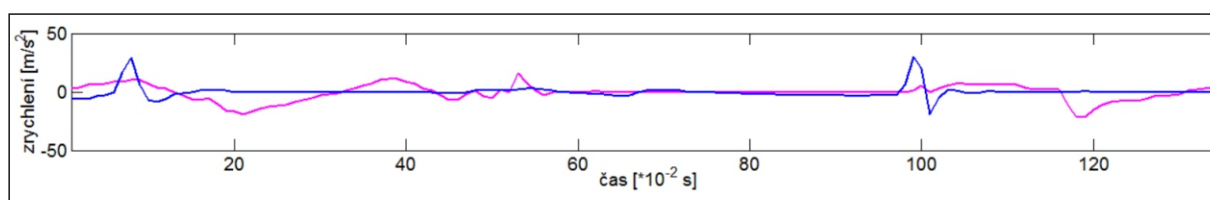
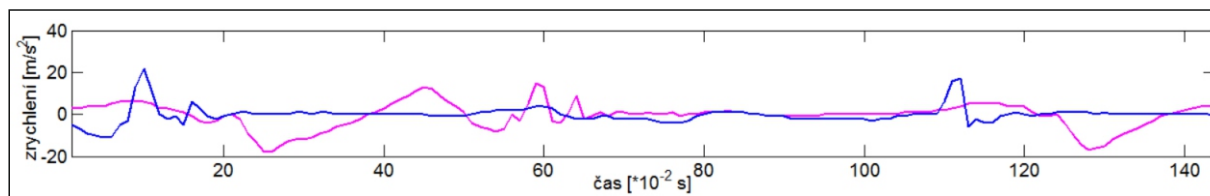
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0329	0,0488	0,1486	0,0027	0,0202	0,1362
Z AKCELERACE [%]	0,3871	0,4114	0,3413	0,1000	0,5212	0,3893

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,4	1,3

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,2125	0,2369	0,0050	0,2280	0,0080	0,0058
ÚHEL [°]	58,1203	49,6866	74,3348	49,0391	82,0609	85,3815
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	0,0114	0,0238	$4,30 \cdot 10^{-5}$	0,0135	$3,084 \cdot 10^{-4}$	$7,678 \cdot 10^{-5}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	13,1220	4,6926	29,3347	4,0456	37,0609	40,3815

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	69,4568	72,2562	216,4786	743,9389	299,5096	12,6202
ÚHEL [°]	48,7951	113,7295	90,0035	107,5079	92,6270	86,7032
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$2,849 \cdot 10^4$	$4,203 \cdot 10^4$	$1,603 \cdot 10^4$	$1,964 \cdot 10^5$	$7,019 \cdot 10^4$	$2,802 \cdot 10^5$
MÍRA ASYMETRIE [-]	$2,849 \cdot 10^4$	$4,208 \cdot 10^4$	$1,603 \cdot 10^3$	$1,964 \cdot 10^5$	$7,019 \cdot 10^4$	$2,802 \cdot 10^5$

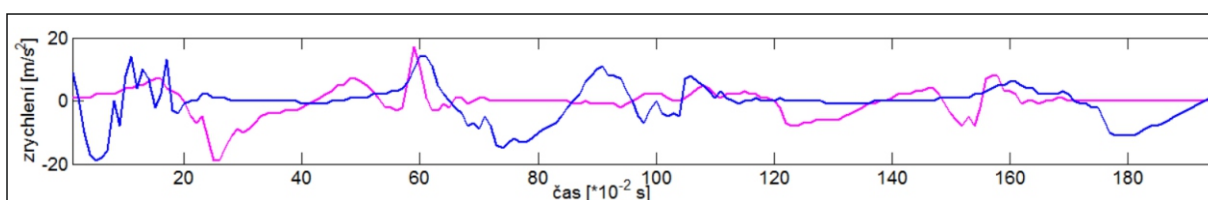
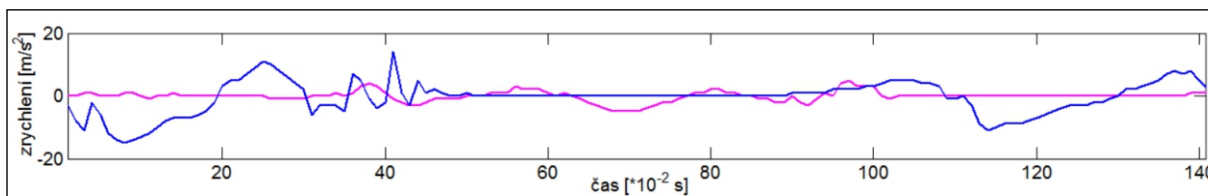
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,1451	0,0612	0,0299	0,1964	0,3240	0,2862
Z AKCELERACE [%]	0,9615	0,4305	0,3480	0,4403	0,4631	0,7171

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	3
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,4	1,9

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,1775	0,1204	0,0152	0,0209	0,1583	0,0018
ÚHEL [°]	41,7598	43,4090	84,5068	61,3722	50,3934	57,7020
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0103	0,0191	5,011·10 <sup>-5</sup>	0,0012	0,01491	5,353·10 <sup>-8</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	3,2451	1,5957	39,5068	16,3722	5,3958	12,7020

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	310,1528	34,0719	47,9824	66,6220	47,8676	5,1288
ÚHEL [°]	97,2502	77,3330	113,8402	102,7463	89,6394	90,3933
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	3,050·10 <sup>4</sup>	1,700·10 <sup>5</sup>	1,293·10 <sup>3</sup>	5,013·10 <sup>3</sup>	3,250·10 <sup>4</sup>	1,020·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	3,054·10 <sup>4</sup>	1,700·10 <sup>5</sup>	1,296·10 <sup>3</sup>	5,014·10 <sup>3</sup>	3,250·10 <sup>4</sup>	1,022·10 <sup>3</sup>

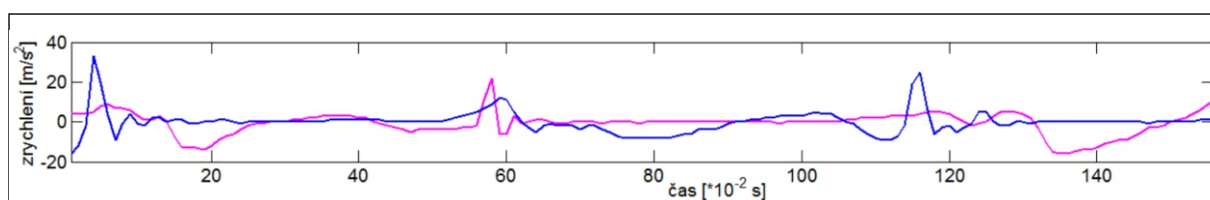
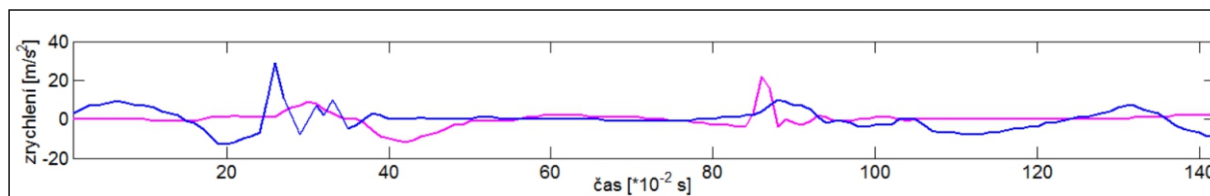
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0296	0,0486	0,4489	0,0029	0,0115	0,0978
Z AKCELERACE [%]	0,7714	0,8701	0,3737	0,6403	0,3061	0,2043

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,1	1,6

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	1,0567	1,497	0,0286	1,2074	1,1456	0,0223
ÚHEL [°]	43,1608	66,1461	109,3479	49,4592	85,9874	108,9168
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	0,5266	1,248	1,860·10 <sup>-4</sup>	0,3246	0,7302	2,114·10 <sup>-4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	2,1856	21,2358	64,3479	4,6312	41,0099	63,9168

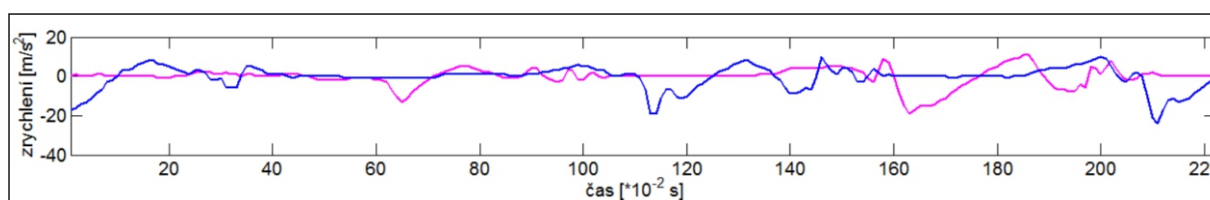
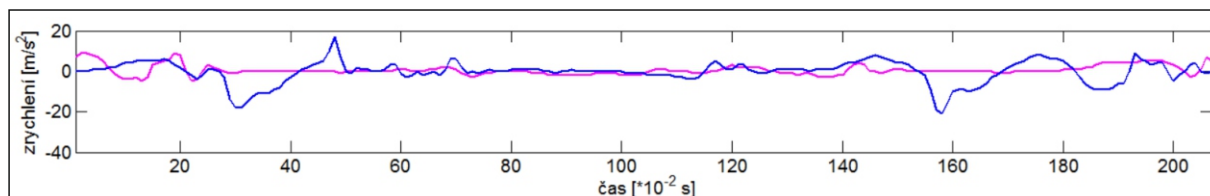
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	425,2084	418,488	382,2135	181,7599	95,6838	172,3294
ÚHEL [°]	88,9351	81,7399	90,7586	83,2813	90,2587	89,3294
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	4,774·10 <sup>4</sup>	2,289·10 <sup>4</sup>	2,831·10 <sup>4</sup>	2,583·10 <sup>3</sup>	1,374·10 <sup>4</sup>	3,556·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	4,774·10 <sup>4</sup>	2,289·10 <sup>4</sup>	2,832·10 <sup>4</sup>	2,583·10 <sup>3</sup>	1,374·10 <sup>4</sup>	3,561·10 <sup>3</sup>

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0623	0,0256	0,2381	0,0497	0,0078	0,3076
Z AKCELERACE [%]	0,5409	0,7376	0,4616	0,4346	0,1585	0,4398

**JMÉNO: K.V.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	3
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,1	2,2

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0499	1,0761	0,0156	0,0202	0,2427	7,524·10 <sup>-5</sup>
ÚHEL [°]	91,3081	48,1971	63,098	65,5935	55,4536	98,4100
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	8,427·10 <sup>-4</sup>	0,4845	5,774·10 <sup>-5</sup>	0,0025	0,0695	7,883·10 <sup>-4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	46,3081	3,4080	18,0976	20,5935	10,4566	53,4100

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	84,7478	81,9791	146,7268	16,2784	96,6615	6,5140
ÚHEL [°]	98,1381	102,1992	94,4424	123,7524	104,8274	81,1237
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	6,486·10 <sup>3</sup>	1,246·10 <sup>5</sup>	2,453·10 <sup>3</sup>	528,9752	1,075·10 <sup>4</sup>	1,668·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	6,486·10 <sup>3</sup>	1,2455·10 <sup>5</sup>	2,453·10 <sup>3</sup>	535,0530	1,075·10 <sup>4</sup>	1,669·10 <sup>3</sup>

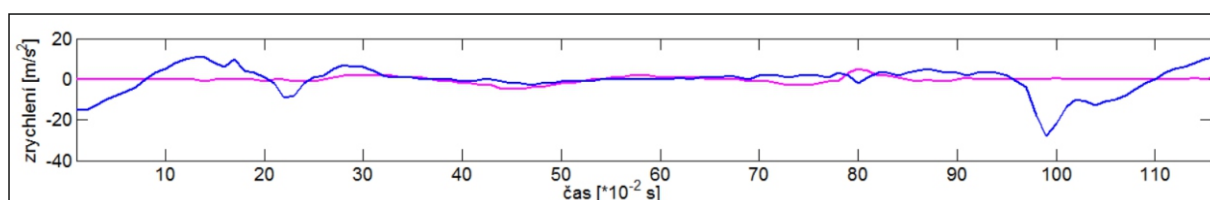
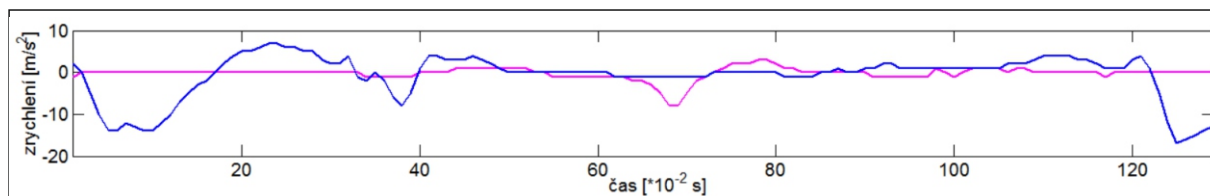
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0249	0,0433	0,0174	0,0107	0,0219	0,0165
Z AKCELERACE [%]	0,5529	0,5232	0,6692	0,5020	0,4222	0,2616

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	0
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,3	1,2

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0273	0,5680	$1,871 \cdot 10^{-3}$	0,0206	0,1228	$4,486 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	98,0641	68,7883	122,3893	43,1545	55,4953	96,2869
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$1,091 \cdot 10^{-4}$	0,2593	$1,944 \cdot 10^{-6}$	$8,565 \cdot 10^{-4}$	0,0235	$5,491 \cdot 10^{-6}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	53,0641	23,7965	77,3893	1,8456	10,4960	51,2869

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	137,8078	432,1649	48,5475	32,9000	3,5417	2,3088
ÚHEL [°]	85,8138	91,0522	86,9740	92,4812	85,7266	89,1512
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$5,216 \cdot 10^3$	$4,935 \cdot 10^4$	$1,989 \cdot 10^4$	$1,284 \cdot 10^3$	$1,379 \cdot 10^4$	489,1876
MÍRA ASYMETRIE [-]	$5,218 \cdot 10^3$	$4,936 \cdot 10^4$	$1,989 \cdot 10^4$	$1,285 \cdot 10^3$	$1,379 \cdot 10^4$	489,1876

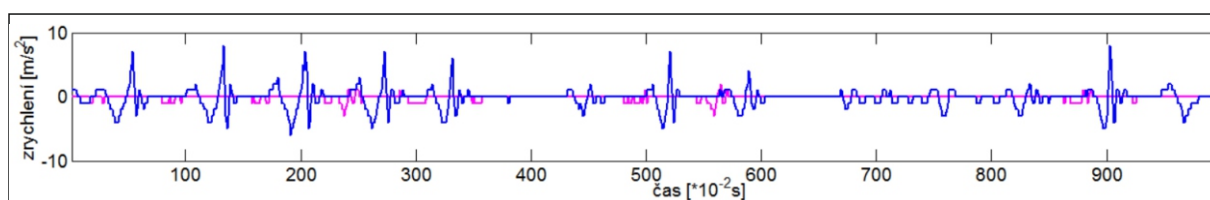
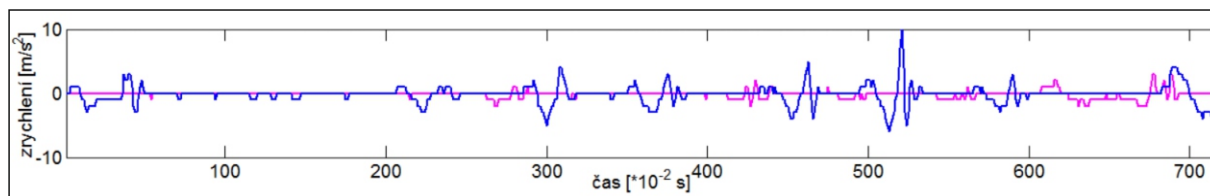
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0987	0,0088	0,2849	0,0606	0,0156	0,2342
Z AKCELERACE [%]	0,4238	0,3475	0,6683	0,4500	0,3423	0,2594



**JMÉNO: B.J.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	5	9
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	8	11
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	7,2	9,9

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,2640	0,1977	$7,771 \cdot 10^{-4}$	0,1173	$7,373 \cdot 10^{-3}$	$3,101 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	66,2903	52,5008	30,4063	51,7474	51,8139	46,5917
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0326	0,0179	$8,027 \cdot 10^{-7}$	0,0164	0,0304	$4,044 \cdot 10^{-6}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	21,2920	7,5034	14,5937	6,7484	6,8140	1,5917

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	63,4182	17,1116	41,6573	6,3099	0,7347	0,0509
ÚHEL [°]	82,0093	90,4345	89,5574	95,5346	88,9093	84,9204
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	700,6375	4,8362	286,7579	25,9761	$1,919 \cdot 10^3$	8,0138
MÍRA ASYMETRIE [-]	704,4755	48,7903	293,1737	57,1692	$1,919 \cdot 10^3$	40,7169

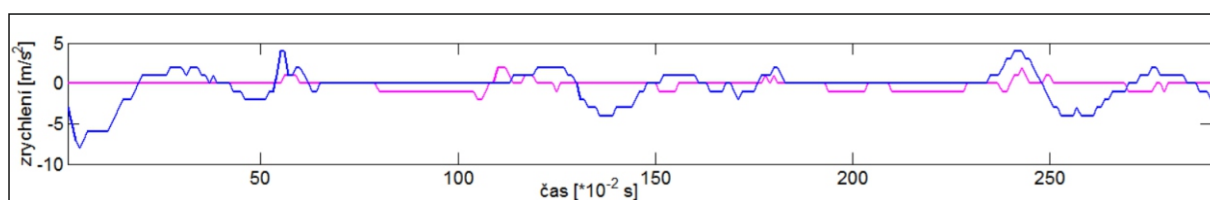
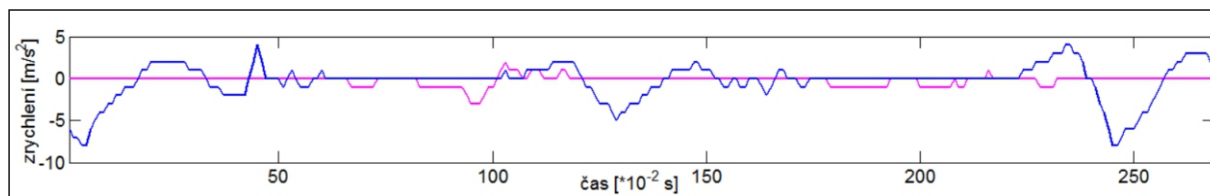
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0424	0,0103	0,0442	0,0063	0,0197	0,0598
Z AKCELERACE [%]	0,9230	0,7895	0,8677	0,6635	0,7822	0,4753

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	3
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,7	2,9

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	2,634·10 <sup>-4</sup>	0,1164	8,532·10 <sup>-3</sup>	0,0228	2,093·10 <sup>-3</sup>	6,103·10 <sup>-4</sup>
ÚHEL [°]	73,5490	35,7867	64,0546	42,3337	45,6196	45,8380
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	3,039·10 <sup>-3</sup>	1,281·10 <sup>-3</sup>	2,940·10 <sup>-5</sup>	7,367·10 <sup>-4</sup>	6,018·10 <sup>-4</sup>	0
MÍRA ASYMETRIE [-]	28,5490	9,2140	19,0546	2,6664	0,6196	0,8380

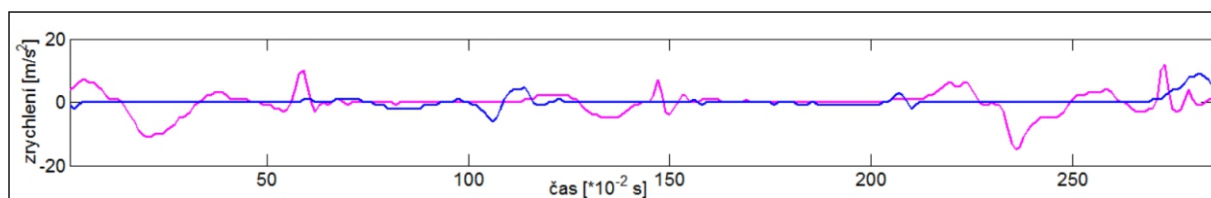
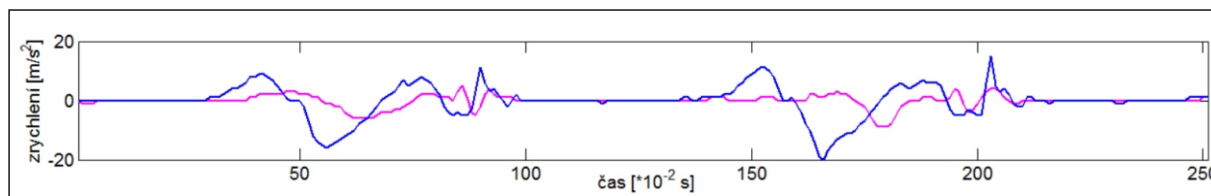
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	83,4149	150,4678	23,5785	25,8494	21,7993	1,2572
ÚHEL [°]	95,3221	86,2128	103,9897	85,0270	93,0585	82,1924
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	894,8569	2,830·10 <sup>3</sup>	498,5989	252,4047	187,3980	5,7281
MÍRA ASYMETRIE [-]	900,1440	2,830·10 <sup>3</sup>	502,6297	256,8628	194,6865	37,6519

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0171	0,0187	0,0142	0,0127	0,0114	0,0135
Z AKCELERACE [%]	0,6403	0,7884	0,4571	0,4830	0,6423	0,4057

**JMÉNO: G.A.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ KONČETINĚ	2	3
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	1
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,5	2,8

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,0204	0,4496	$2,184 \cdot 10^{-3}$	0,0212	0,0903	$2,688 \cdot 10^{-4}$
ÚHEL [°]	127,4011	69,2978	116,7569	70,7803	56,6544	95,6819
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$8,779 \cdot 10^{-5}$	0,1463	$4,375 \cdot 10^{-6}$	$3,001 \cdot 10^{-5}$	0,0277	$8,927 \cdot 10^{-7}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	82,4011	24,3024	71,7569	25,7803	11,6548	50,6819

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	2,2563	16,0715	16,554	20,8270	23,0831	4,8819
ÚHEL [°]	89,7475	90,2060	88,8732	88,3263	91,6830	90,338
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	196,7135	$1,671 \cdot 10^4$	224,7747	644,8928	$1,075 \cdot 10^3$	$7,965 \cdot 10^3$
MÍRA ASYMETRIE [-]	201,7515	$1,671 \cdot 10^4$	229,6139	646,6820	$1,076 \cdot 10^3$	$7,965 \cdot 10^3$

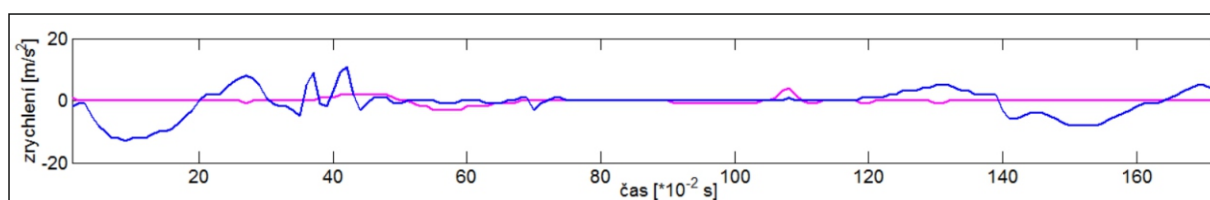
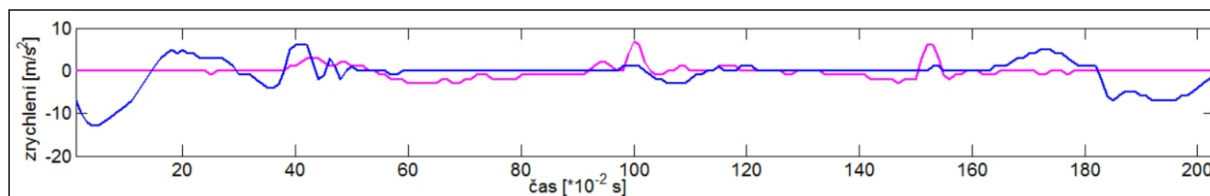
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0198	0,0145	0,0153	0,0154	0,0231	0,0145
Z AKCELERACE [%]	0,8494	0,2152	0,1680	0,8664	0,0969	0,1611

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	0
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,0	1,7

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0280	0,1124	0,0154	$1,425 \cdot 10^{-3}$	0,0173	$1,604 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	51,9152	55,2699	57,8497	68,3477	48,3286	54,9165
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$8,821 \cdot 10^{-4}$	0,0543	$6,486 \cdot 10^{-6}$	$1,489 \cdot 10^{-4}$	$1,564 \cdot 10^{-3}$	$1,462 \cdot 10^{-6}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	6,9153	10,2707	12,8497	23,3477	3,3287	9,9165

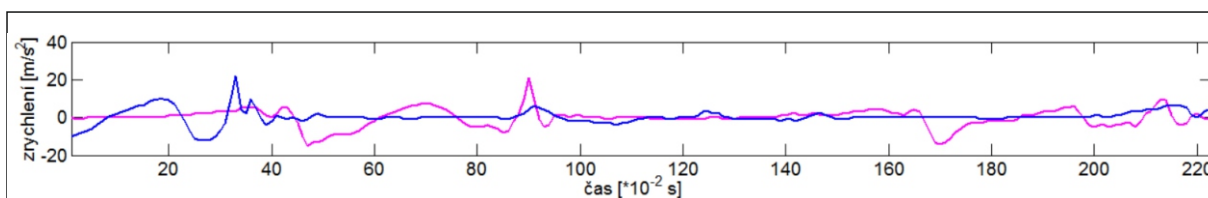
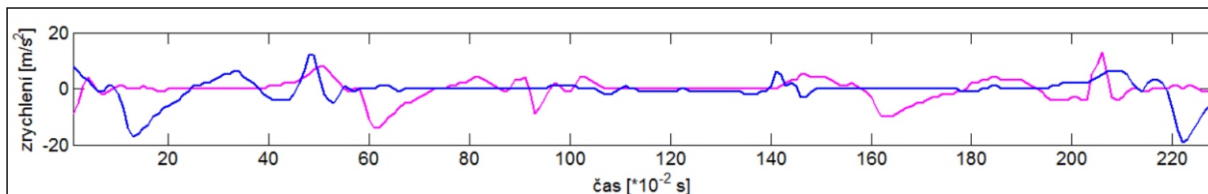
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	294,3368	456,3531	146,5195	14,8903	16,9817	4,3034
ÚHEL [°]	88,3280	74,2392	114,1870	81,8211	87,9776	90,4683
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$2,230 \cdot 10^4$	$2,726 \cdot 10^4$	$6,235 \cdot 10^3$	72,3478	144,8005	33,8182
MÍRA ASYMETRIE [-]	$2,231 \cdot 10^4$	$2,726 \cdot 10^4$	$6,237 \cdot 10^3$	82,5331	151,9956	56,8292

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0187	0,0154	0,0172	0,0158	0,0126	0,0148
Z AKCELERACE [%]	0,4070	0,4310	0,4106	0,4186	0,8221	0,5551

**JMÉNO: R.J.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	1
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,3	2,2

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0685	0,3668	9,250·10 <sup>-6</sup>	0,0516	0,6610	0,0100
ÚHEL [°]	55,1518	66,9748	88,5157	44,9081	63,0852	60,1475
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	5,777·10 <sup>-3</sup>	0,0813	6,033·10 <sup>-3</sup>	5,830·10 <sup>-4</sup>	0,1235	1,562·10 <sup>-5</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	10,1520	21,9780	43,5157	0,1054	18,0977	15,1475

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	88,8778	369,6303	318,9451	40,2507	2,1620	291,8137
ÚHEL [°]	79,3921	89,1324	77,4286	90,7776	87,5733	87,3310
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	470,7105	3,291·10 <sup>4</sup>	2,077·10 <sup>4</sup>	9,432·10 <sup>3</sup>	7,596·10 <sup>6</sup>	1,4570·10 <sup>4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	480,2609	3,291·10 <sup>4</sup>	2,077·10 <sup>4</sup>	9,432·10 <sup>3</sup>	7,596·10 <sup>6</sup>	1,4570·10 <sup>4</sup>

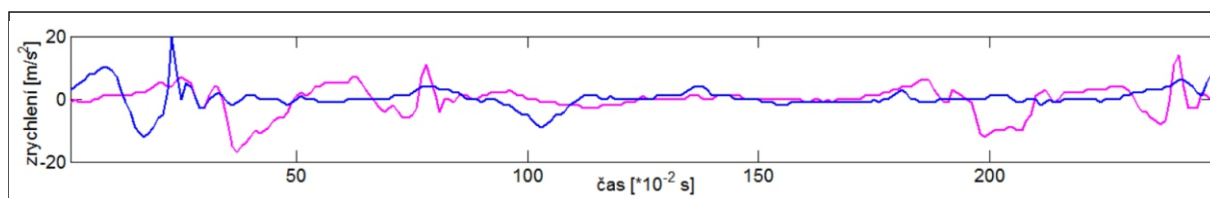
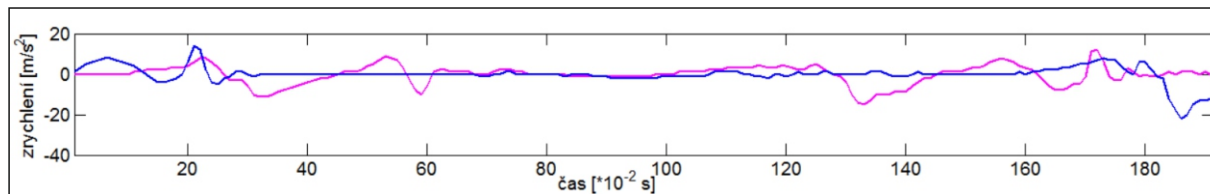
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0142	0,0319	0,2807	0,3763	0,0571	0,1695
Z AKCELERACE [%]	0,5427	0,5301	0,5362	0,5235	0,5534	0,5270

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ NOZE	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ NOZE	2	1
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,9	2,5

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0209	$5,116 \cdot 10^{-3}$	$2,888 \cdot 10^{-3}$	0,0183	0,8489	$6,550 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	45,5476	54,7920	105,9079	100,2029	50,6271	84,9294
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$5,009 \cdot 10^{-3}$	2,5174	$7,418 \cdot 10^{-6}$	$8,924 \cdot 10^{-5}$	0,1074	$1,182 \cdot 10^{-5}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	0,5480	10,1104	60,9079	55,2029	5,6917	39,9294

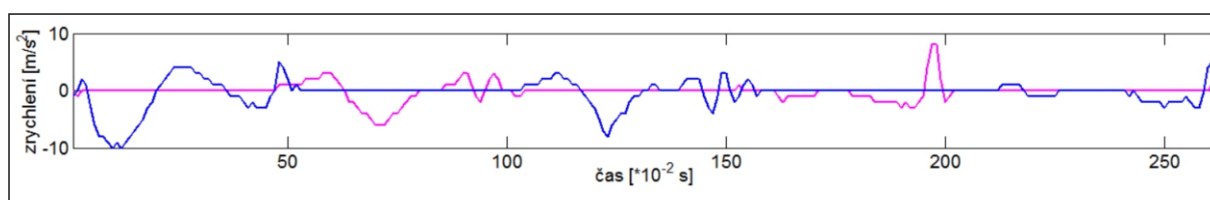
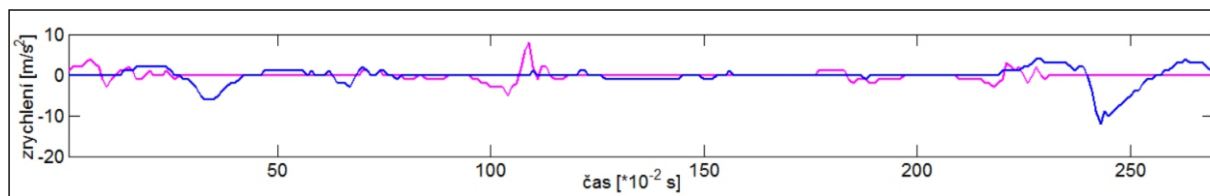
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	75,2767	200,1455	30,2536	25,0456	82,0943	14,2742
ÚHEL [°]	107,9955	82,6675	80,6239	78,1622	102,3917	86,6762
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$2,579 \cdot 10^3$	$1,294 \cdot 10^3$	$3,250 \cdot 10^3$	$3,766 \cdot 10^3$	$4,618 \cdot 10^4$	$1,104 \cdot 10^4$
MÍRA ASYMETRIE [-]	$2,579 \cdot 10^3$	$1,294 \cdot 10^3$	$3,250 \cdot 10^3$	$3,767 \cdot 10^3$	$4,618 \cdot 10^4$	$1,105 \cdot 10^4$

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0159	0,0341	0,0164	0,0232	0,0474	0,0170
Z AKCELERACE [%]	0,8155	0,6038	0,8430	0,7741	0,6068	0,9365

**JMÉNO: H.V.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	3
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,7	2,6

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0798	0,2535	2,844·10 <sup>-3</sup>	8,782·10 <sup>-3</sup>	0,0461	1,818·10 <sup>-3</sup>
ÚHEL [°]	77,1309	95,4810	91,0851	45,1211	82,0054	79,8704
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	3,279·10 <sup>-3</sup>	0,0158	1,701·10 <sup>-6</sup>	0,0104	6,976·10 <sup>-3</sup>	1,706·10 <sup>-6</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	32,1310	50,4816	46,0852	0,1218	37,0054	34,8704

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	36,0229	80,4068	73,9931	19,7236	61,1721	8,3692
ÚHEL [°]	95,3706	100,7145	99,0745	102,9110	94,7318	92,7212
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	562,0226	5,305·10 <sup>3</sup>	848,2306	584,5888	5,784·10 <sup>3</sup>	223,6930
MÍRA ASYMETRIE [-]	565,4240	5,306·10 <sup>3</sup>	853,1671	587,7812	5,784·10 <sup>3</sup>	228,8797

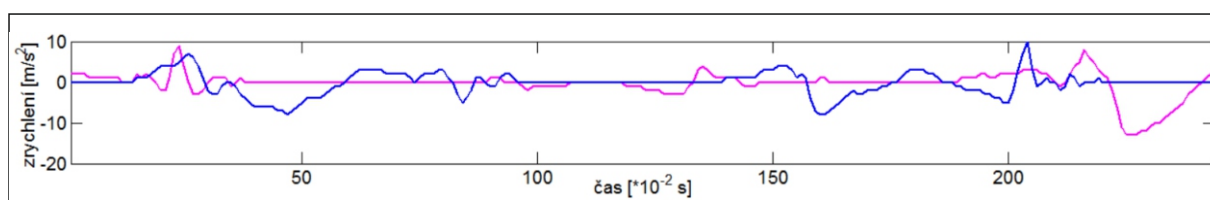
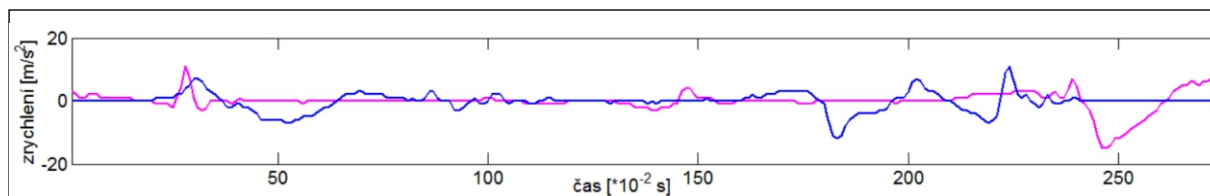
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0594	0,0468	0,8631	0,0108	0,0414	0,1801
Z AKCELERACE [%]	0,6173	0,2528	0,5325	0,8289	0,3654	0,0930

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,7	2,4

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0931	0,1114	$7,982 \cdot 10^{-3}$	0,1577	0,6929	$3,640 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	56,1996	67,5404	70,4799	51,9496	67,3592	96,1427
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0379	0,1274	$1,384 \cdot 10^{-5}$	0,0120	0,1912	$6,313 \cdot 10^{-6}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	11,2001	22,5410	25,4799	6,9514	22,3708	51,1427

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	8,1537	3,6768	4,3592	22,9930	95,7172	9,1931
ÚHEL [°]	95,7874	89,3571	90,9893	94,7800	91,0902	85,6501
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$7,417 \cdot 10^3$	$8612 \cdot 10^4$	751,5508	53,8008	$2,225 \cdot 10^3$	$1,314 \cdot 10^3$
MÍRA ASYMETRIE [-]	$7,417 \cdot 10^3$	$8,612 \cdot 10^6$	752,9692	76,8196	$2,228 \cdot 10^3$	$1,314 \cdot 10^3$

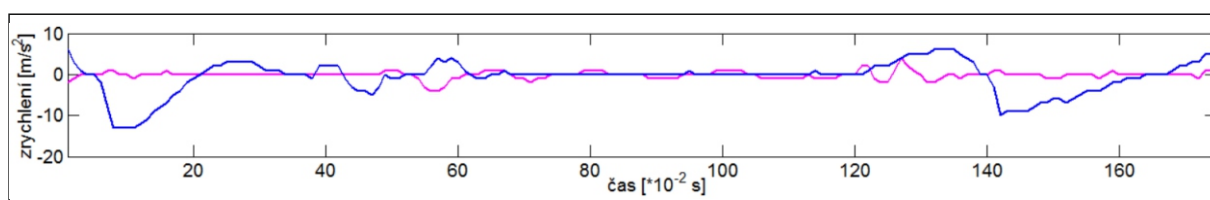
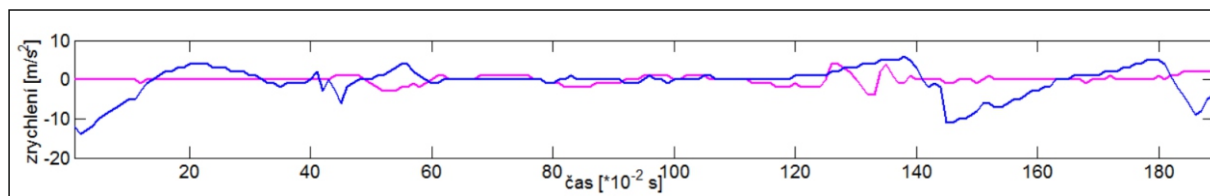
## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0434	0,0688	0,8234	0,0202	0,0666	0,6614
Z AKCELERACE [%]	0,8284	0,7437	0,6679	0,6614	0,3500	0,6995



**JMÉNO: O.J.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	0	0
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,9	1,7

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,1338	0,0618	0,0121	$1,170 \cdot 10^{-3}$	0,1078	$5,096 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	116,8869	98,4739	117,2746	67,4689	109,3546	77,3898
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$6,080 \cdot 10^{-3}$	$6,027 \cdot 10^{-3}$	$3,010 \cdot 10^{-5}$	$1,202 \cdot 10^{-3}$	$6,209 \cdot 10^{-3}$	$3,444 \cdot 10^{-5}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	71,8871	53,4739	72,2746	22,4689	64,3547	32,3898

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	190,2516	134,0517	7,3707	18,4521	36,6753	24,5519
ÚHEL [°]	86,6425	90,5192	90,0726	72,1139	92,2954	85,3469
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$7,634 \cdot 10^3$	$4,332 \cdot 10^3$	$2,611 \cdot 10^4$	$2,249 \cdot 10^4$	$4,570 \cdot 10^3$	943,5700
MÍRA ASYMETRIE [-]	$7,637 \cdot 10^3$	$4,335 \cdot 10^3$	$2,611 \cdot 10^4$	$2,249 \cdot 10^4$	$4,571 \cdot 10^3$	944,7513

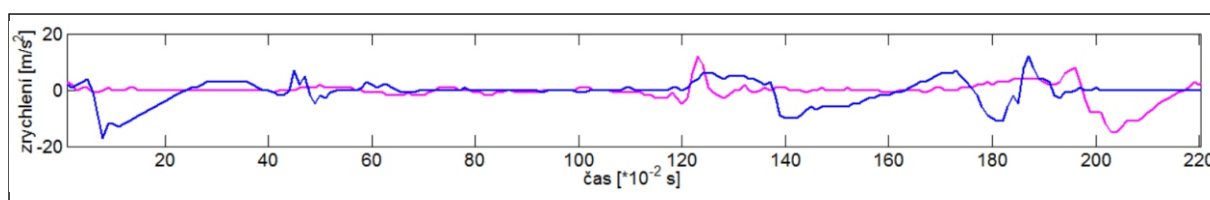
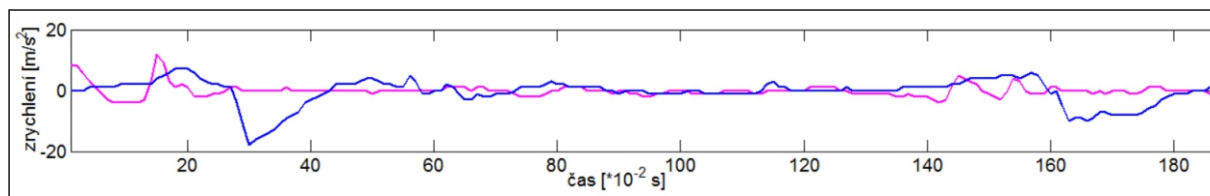
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,1129	0,0920	0,0419	0,0253	0,2192	0,0288
Z AKCELERACE [%]	0,8134	0,7337	0,4862	0,7083	0,1700	0,0425

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,9	2,2

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,1388	0,1023	$7,803 \cdot 10^{-3}$	$3,019 \cdot 10^{-3}$	0,7139	$8,504 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	34,7102	37,2811	119,4018	153,3556	40,2914	65,6165
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0169	$4,821 \cdot 10^{-3}$	$1,640 \cdot 10^{-5}$	$2,427 \cdot 10^{-5}$	0,1821	$4,722 \cdot 10^{-5}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	10,2908	7,7195	74,4018	108,3556	4,7659	20,6165

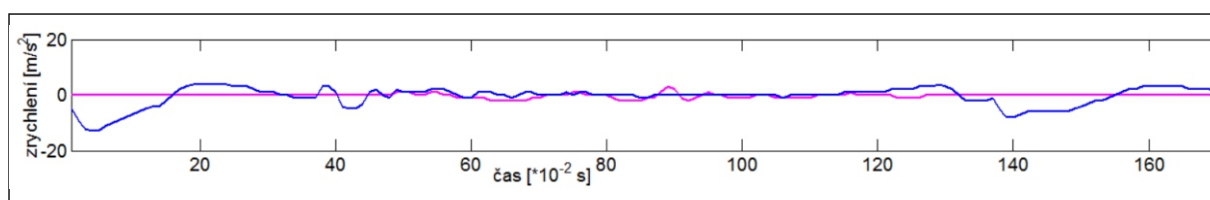
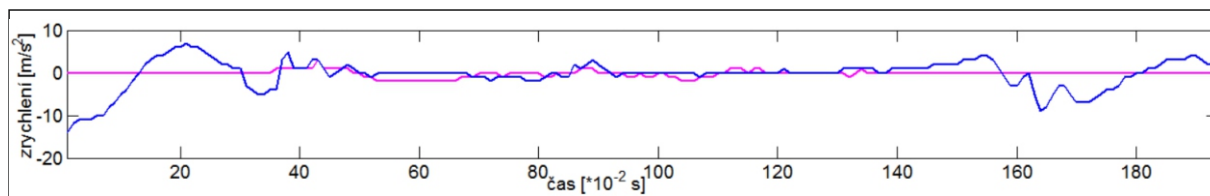
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	105,2067	120,3737	51,7742	16,3524	84,9311	20,2954
ÚHEL [°]	86,9131	86,4253	87,9499	93,3330	111,9445	96,1429
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$6,464 \cdot 10^3$	$3,394 \cdot 10^3$	755,4728	150,4705	$1,446 \cdot 10^4$	$3,808 \cdot 10^4$
MÍRA ASYMETRIE [-]	$6,465 \cdot 10^3$	$3,396 \cdot 10^3$	758,4618	158,8863	$1,446 \cdot 10^4$	$3,808 \cdot 10^4$

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0833	0,1205	0,0546	0,0382	0,0784	0,0374
Z AKCELERACE [%]	0,7881	0,6275	0,6452	0,5693	0,3088	0,1968

**JMÉNO: E.E.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,9	1,7

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0942	0,4389	0,0192	0,1627	$1,031 \cdot 10^{-3}$	$5,783 \cdot 10^{-3}$
ÚHEL [°]	26,0455	98,8324	65,8914	18,8715	90,3156	61,7372
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$5,183 \cdot 10^{-3}$	0,0427	$6,901 \cdot 10^{-5}$	0,0131	$3,095 \cdot 10^{-3}$	$1,287 \cdot 10^{-5}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	18,9547	53,8342	20,8914	26,1290	45,3156	16,7472

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	4,1965	246,0991	93,8187	43,5055	100,6188	30,1190
ÚHEL [°]	83,7224	83,6830	90,9205	99,7701	90,2487	90,1014
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$3,946 \cdot 10^3$	$6,307 \cdot 10^4$	$2,490 \cdot 10^3$	384,4626	$1,200 \cdot 10^3$	585,1231
MÍRA ASYMETRIE [-]	$3,947 \cdot 10^3$	$6,307 \cdot 10^4$	$2,492 \cdot 10^3$	390,7735	$1,205 \cdot 10^3$	587,6311

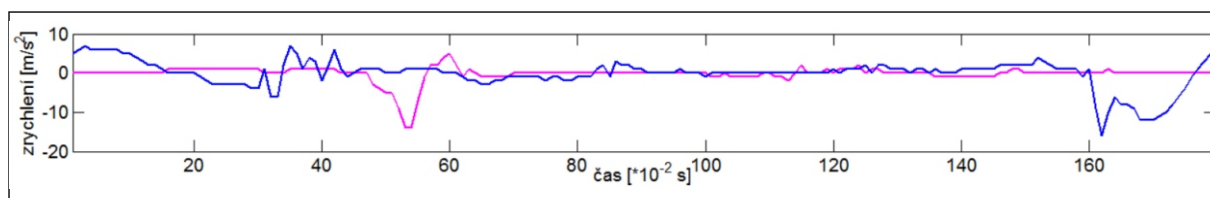
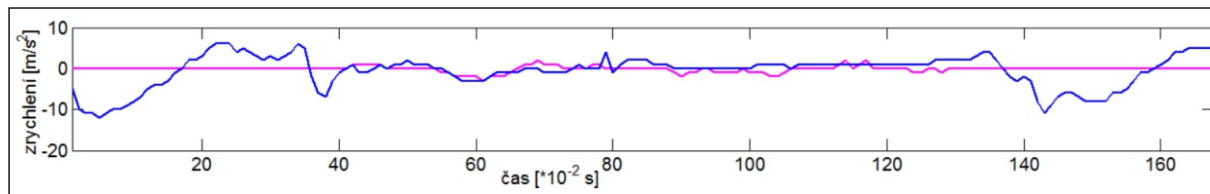
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0393	0,1767	0,0470	0,0345	0,1008	0,3636
Z AKCELERACE [%]	0,4981	0,3795	0,4000	0,2031	0,0646	0,0169

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	0	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,7	1,8

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	3,188·10 <sup>-3</sup>	0,7220	5,142·10 <sup>-3</sup>	9,295·10 <sup>-3</sup>	0,2613	8,089·10 <sup>-4</sup>
ÚHEL [°]	38,9608	62,9881	121,2361	59,5187	53,8161	101,6194
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	5,327·10 <sup>-3</sup>	0,1570	1,155·10 <sup>-5</sup>	1,014·10 <sup>-4</sup>	0,0168	5,832·10 <sup>-6</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	6,0392	18,0033	76,2361	14,5187	8,8200	56,6194

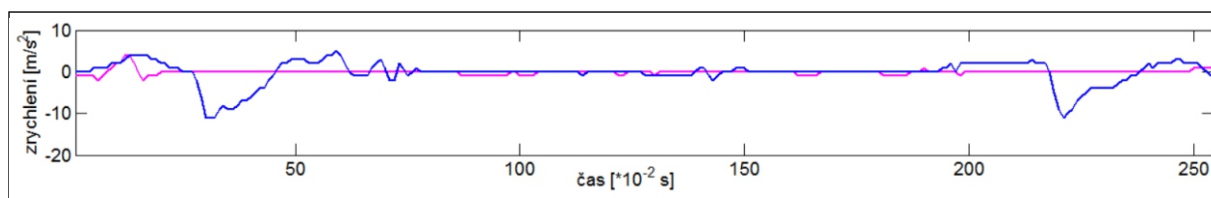
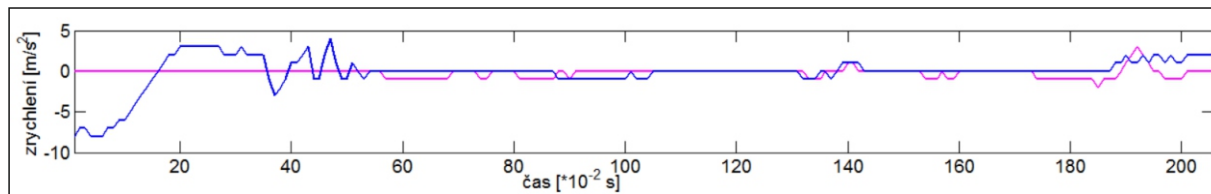
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	47,7440	107,6928	36,8144	14,0489	4,1984	32,5542
ÚHEL [°]	96,9550	96,4882	85,0499	95,8994	85,6698	87,1610
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	45,8459	8,360·10 <sup>3</sup>	1,053·10 <sup>3</sup>	230,8994	2,005·10 <sup>3</sup>	692,1677
MÍRA ASYMETRIE [-]	84,1466	8,360·10 <sup>3</sup>	1,055·10 <sup>3</sup>	236,6835	2,005·10 <sup>3</sup>	694,2143

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0085	0,0796	0,7299	0,0390	0,0222	0,2860
Z AKCELERACE [%]	0,5167	0,3407	0,6530	0,7387	0,0832	0,0329

**JMÉNO: V.A.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	3
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	3
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,1	2,5

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,0373	0,2118	$3,053 \cdot 10^{-3}$	$1,070 \cdot 10^{-4}$	0,1598	$3,060 \cdot 10^{-4}$
ÚHEL [°]	7,6240	69,9340	103,3615	97,2098	78,3861	86,9985
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$2,840 \cdot 10^{-4}$	0,0149	$5,099 \cdot 10^{-6}$	$9,830 \cdot 10^{-4}$	0,0143	$2,719 \cdot 10^{-8}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	31,2397	24,9350	58,3615	52,2098	33,3865	41,9985

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	25,4904	169,9172	0,9664	22,9377	25,4278	3,5000
ÚHEL [°]	89,8862	79,7999	91,7945	84,7604	89,6806	89,4572
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$1,185 \cdot 10^3$	$1,338 \cdot 10^4$	627,1524	178,1704	$1,176 \cdot 10^3$	240,0690
MÍRA ASYMETRIE [-]	$1,186 \cdot 10^3$	$1,338 \cdot 10^4$	628,8965	183,9883	$1,178 \cdot 10^3$	244,1758

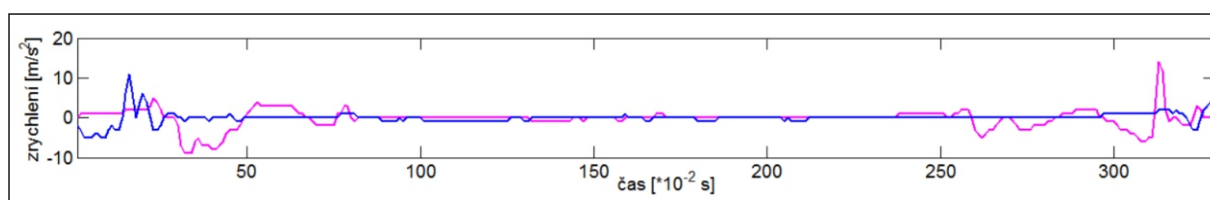
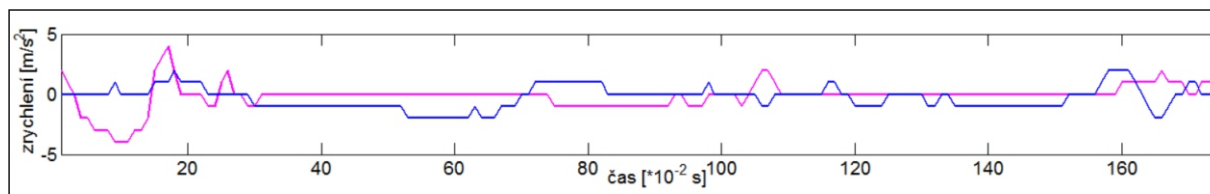
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,1197	0,0637	0,4843	0,4062	0,0351	0,0416
Z AKCELERACE [%]	0,6402	0,2564	0,1948	0,5363	0,0676	0,0202

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,7	3,2

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0038	0,0565	$3,565 \cdot 10^{-3}$	0,0111	0,0106	$6,150 \cdot 10^{-4}$
ÚHEL [°]	32,7257	53,0350	99,6051	51,9208	52,6405	106,4491
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$1,413 \cdot 10^{-3}$	0,0103	$4,138 \cdot 10^{-6}$	$6,610 \cdot 10^{-4}$	0,1195	$3,426 \cdot 10^{-6}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	12,2743	8,0352	54,6051	6,9208	7,6415	61,4491

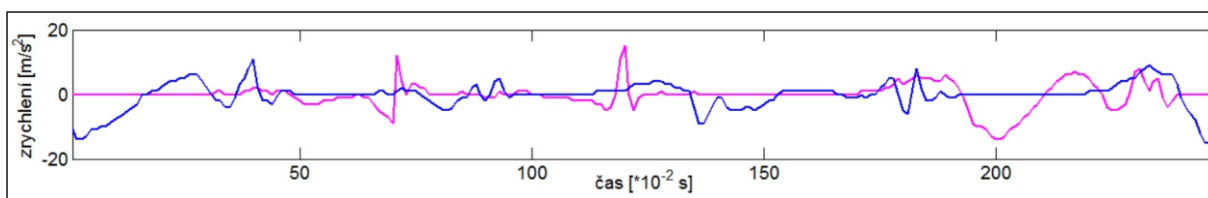
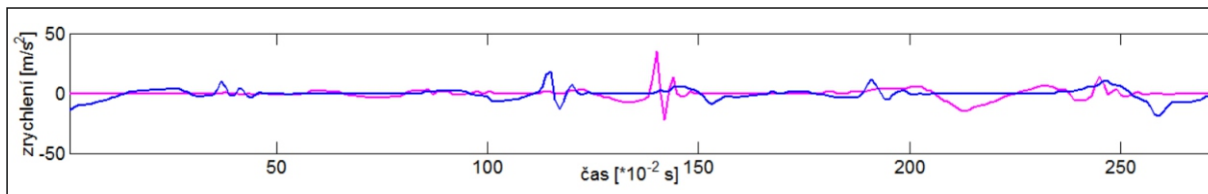
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	11,6118	29,6516	21,1474	46,0439	43,9988	2,6426
ÚHEL [°]	95,2586	83,4468	89,4703	88,5664	89,1092	90,2446
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	15,6237	179,6219	125,9603	420,3185	$1,064 \cdot 10^3$	9,8991
MÍRA ASYMETRIE [-]	53,8968	186,0682	135,2435	425,0715	$1,066 \cdot 10^3$	46,3902

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0299	0,0082	0,4518	0,0376	0,0074	0,2656
Z AKCELERACE [%]	0,4344	0,7967	0,3703	0,5411	0,4674	0,2231

**JMÉNO: J.A.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	3
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	4	4
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,7	2,5

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,2539	0,8709	6,866·10 <sup>-5</sup>	0,0861	1,0575	7,040·10 <sup>-3</sup>
ÚHEL [°]	78,9583	44,9677	85,9802	37,5450	58,7946	87,9318
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0155	0,2622	3,963·10 <sup>-3</sup>	2,395·10 <sup>-3</sup>	0,3668	7,914·10 <sup>-6</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	33,9593	0,9101	40,9802	7,4555	13,6399	42,9318

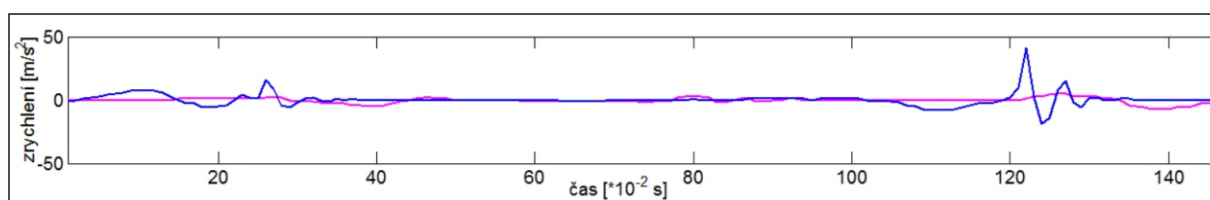
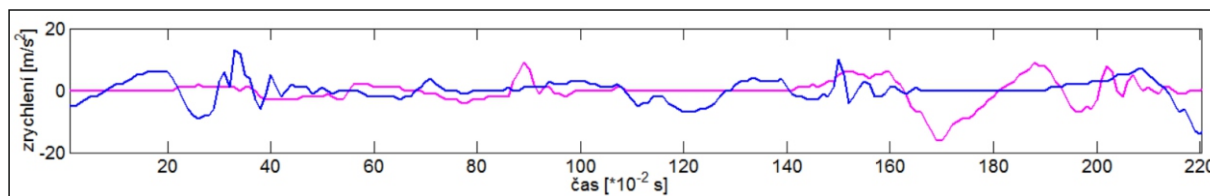
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	3,3409	362,5406	117,9498	24,6650	58,5251	181,9241
ÚHEL [°]	89,4527	100,1230	93,7250	83,5956	89,7450	90,7267
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	1,016·10 <sup>5</sup>	5,132·10 <sup>4</sup>	277,9827	366,4781·1	2,510·10 <sup>3</sup>	1,139·10 <sup>4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	1,016·10 <sup>5</sup>	5,132·10 <sup>4</sup>	305,8769	369,3294	2,511·10 <sup>3</sup>	1,139·10 <sup>4</sup>

**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,1794	0,0848	0,8389	0,0937	0,0847	0,3575
Z AKCELERACE [%]	0,7702	0,5629	0,5063	0,4372	0,5335	0,6126

**JMÉNO: J.A.****S MEDIKACÍ****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	0
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,2	1,5

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,1554	0,7806	0,1391	0,0541	0,1996	9,576·10 <sup>-3</sup>
ÚHEL [°]	57,5451	54,4348	56,7157	56,0452	49,8203	60,3606
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0146	0,3129	56,7157	7,09·10 <sup>-4</sup>	0,1894	2,162·10 <sup>-5</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	12,5460	9,4722	3,730·10 <sup>-5</sup>	11,0454	4,5498	15,3606

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	218,9775	219,6545	284,0903	16,8681	1,099·10 <sup>-3</sup>	391,6632
ÚHEL [°]	89,4514	92,6294	88,9441	99,2482	63,9436	89,0390
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	3,317·10 <sup>3</sup>	6,432·10 <sup>5</sup>	7,984·10 <sup>3</sup>	4,855·10 <sup>3</sup>	1,810·10 <sup>5</sup>	1,983·10 <sup>4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	3,325·10 <sup>3</sup>	6,432·10 <sup>5</sup>	7,990·10 <sup>3</sup>	4,855·10 <sup>3</sup>	1,810·10 <sup>5</sup>	1,983·10 <sup>4</sup>

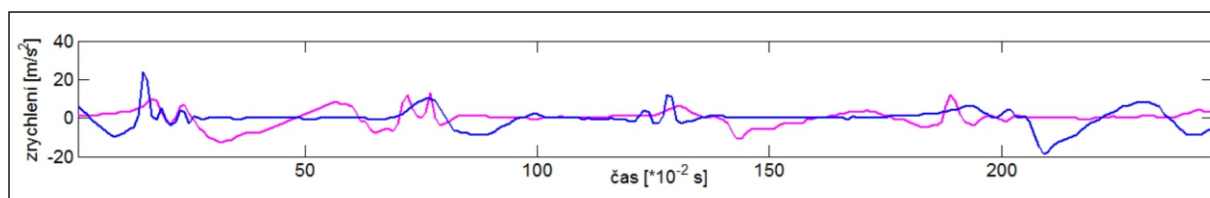
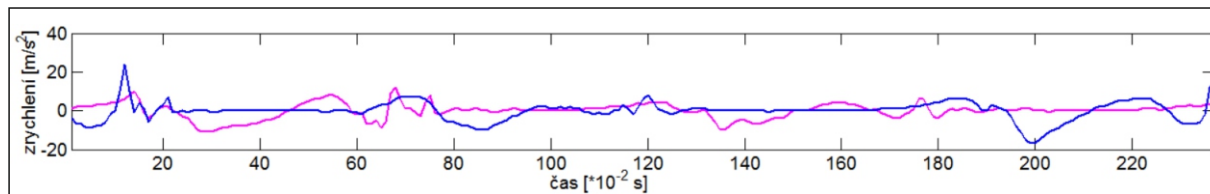
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0128	0,0121	0,0478	0,1168	0,0188	0,0379
Z AKCELERACE [%]	0,6465	0,4784	0,4215	0,5143	0,3795	0,6752



**JMÉNO: J.V.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	3
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,4	2,5

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1,878·10 <sup>-3</sup>	0,0108	8,239·10 <sup>-3</sup>	0,7742	0,1060	6,851·10 <sup>-3</sup>
ÚHEL [°]	32,0223	52,7384	63,3381	28,6060	24,2083	39,4912
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	35,9445	3,188·10 <sup>-3</sup>	1,961·10 <sup>-5</sup>	28,6060	0,0143	1,658·10 <sup>-4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	3,5945	7,7384	18,3382	0,2115	20,7920	5,5088

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	48,7855	212,9635	623,6813	381,3015	97,6785	452,4449
ÚHEL [°]	90,0450	73,9498	86,3613	82,6097	94,9164	98,2324
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	6,478·10 <sup>6</sup>	3,886·10 <sup>4</sup>	7,135·10 <sup>4</sup>	4,498·10 <sup>4</sup>	1,408·10 <sup>5</sup>	2,985·10 <sup>4</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	6,478·10 <sup>6</sup>	3,887·10 <sup>4</sup>	7,135·10 <sup>4</sup>	4,498·10 <sup>4</sup>	1,408·10 <sup>5</sup>	2,985·10 <sup>4</sup>

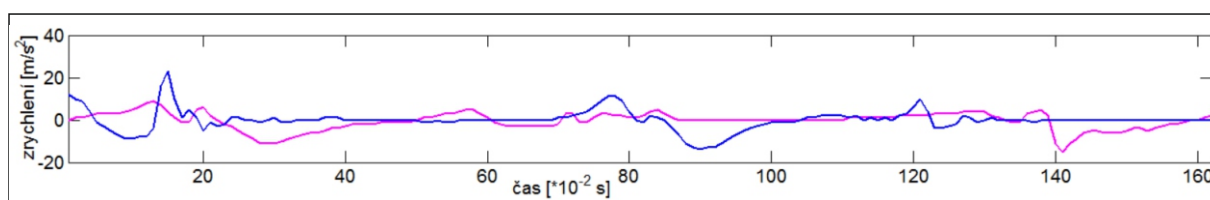
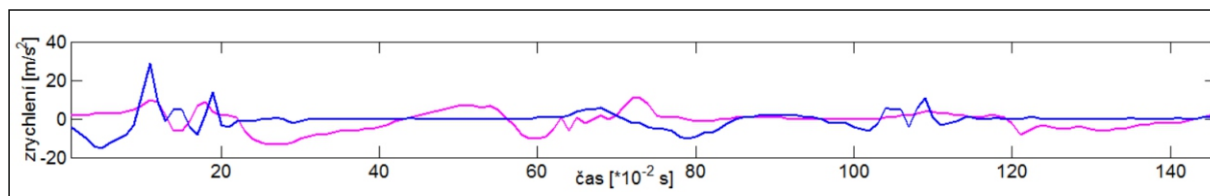
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0450	0,0836	0,0637	0,0624	0,1267	0,0234
Z AKCELERACE [%]	0,5987	0,3879	0,4791	0,5016	0,5973	0,3214

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,5	1,6

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,0110	0,2259	$5,191 \cdot 10^{-3}$	0,7085	0,0189	0,01319
ÚHEL [°]	31,7678	57,8858	55,9741	51,5908	64,9913	54,4353
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$3,495 \cdot 10^{-4}$	0,1518	$2,301 \cdot 10^{-5}$	0,3395	0,1023	$5,950 \cdot 10^{-5}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	13,8323	12,8886	10,9741	6,6375	19,9915	9,4353

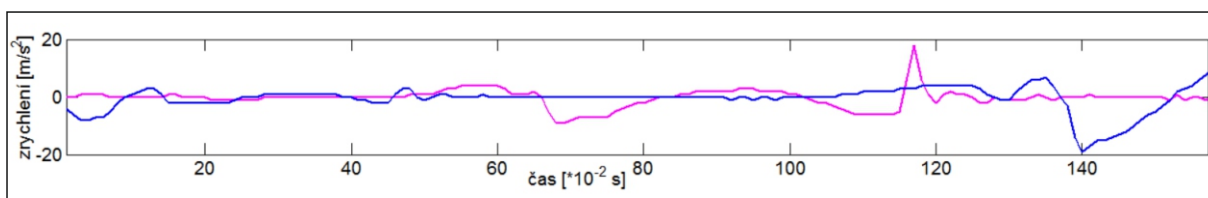
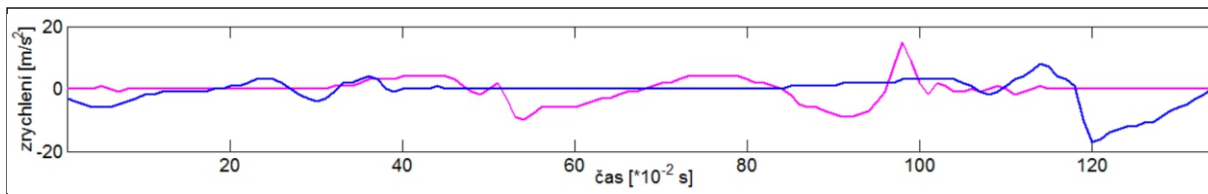
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	11,0398	896,5094	50,8149	363,6139	338,2251	155,8467
ÚHEL [°]	88,1026	74,2020	87,5891	106,9195	105,6645	69,2537
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$4,0968 \cdot 10^6$	$1,564 \cdot 10^5$	$4,284 \cdot 10^4$	$9,178 \cdot 10^4$	$1,017 \cdot 10^5$	$4,015 \cdot 10^3$
MÍRA ASYMETRIE [-]	$4,0968 \cdot 10^6$	$1,564 \cdot 10^5$	$4,284 \cdot 10^4$	$9,179 \cdot 10^4$	$1,017 \cdot 10^5$	$4,018 \cdot 10^3$

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0763	0,0295	0,0840	0,0648	0,0670	0,0846
Z AKCELERACE [%]	0,5601	0,4891	0,5684	0,9021	0,7265	0,5804

**JMÉNO: S.Z.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,3	1,6

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,2457	0,1797	0,0130	1,1146	0,2733	5,049·10 <sup>-3</sup>
ÚHEL [°]	162,7827	66,5667	55,9914	42,9965	31,5772	82,4692
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0738	0,0244	3,484·10 <sup>-5</sup>	0,5236	0,0637	1,034·10 <sup>-5</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	117,7830	21,5674	10,9914	2,3517	13,4257	37,4692

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	42,1621	17,6396	7,2669	67,2981	68,5234	67,2980
ÚHEL [°]	92,5616	86,1512	91,8902	84,3356	93,0155	84,3356
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	75,9814	1,082·10 <sup>3</sup>	208,8017	5,277·10 <sup>3</sup>	4,046·10 <sup>3</sup>	5,277·10 <sup>3</sup>
MÍRA ASYMETRIE [-]	99,0602	1,082·10 <sup>3</sup>	214,1253	5,278·10 <sup>3</sup>	4,047·10 <sup>3</sup>	5,278·10 <sup>3</sup>

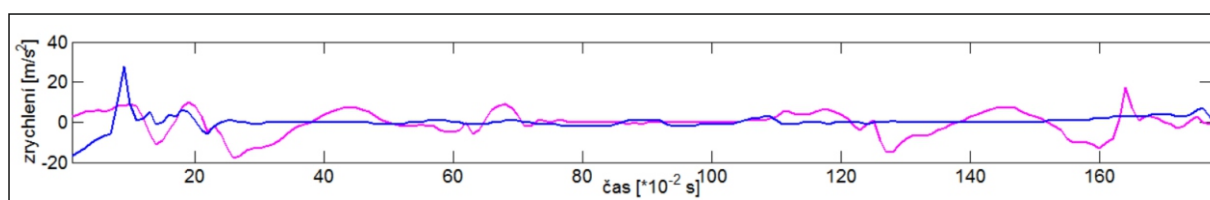
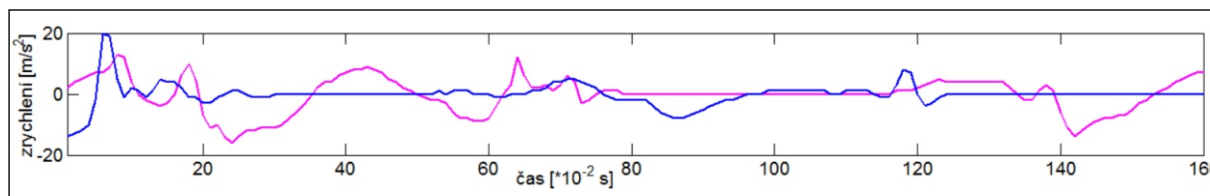
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,9214	1,0000	1,0000	0,6472	0,9725	1,0000
Z AKCELERACE [%]	0,5991	0,5161	0,2393	0,5859	0,6996	0,5859

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	1	1
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,6	1,8

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,2606	0,1348	0,0155	1,0786	0,1361	0,0202
ÚHEL [°]	59,4099	62,0703	39,3568	58,7991	70,0355	40,2138
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	0,0972	0,0145	$5,287 \cdot 10^{-5}$	0,8109	0,0671	$1,177 \cdot 10^{-4}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	14,4126	17,0708	5,6432	13,7992	25,0359	4,7863

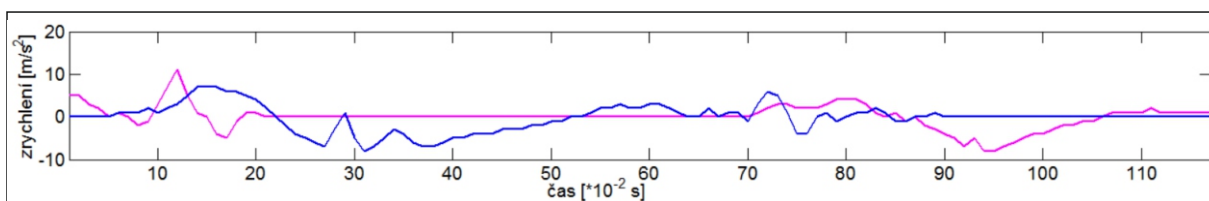
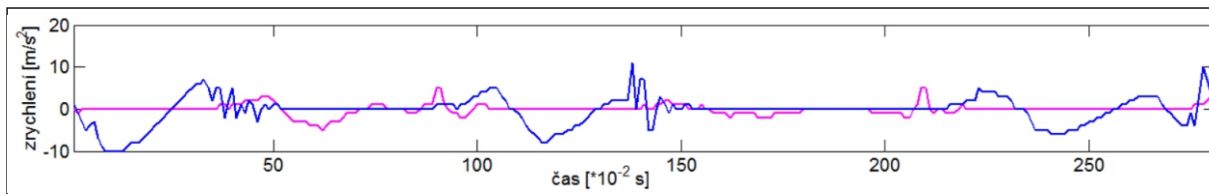
Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	18,5790	2,1409	97,5237	41,1430	58,3507	24,6301
ÚHEL [°]	89,1183	89,7208	89,2383	110,1839	90,2744	88,6750
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$1,229 \cdot 10^5$	$9,983 \cdot 10^3$	$2,501 \cdot 10^3$	$1,228 \cdot 10^6$	$1,272 \cdot 10^4$	$3,507 \cdot 10^4$
MÍRA ASYMETRIE [-]	$1,229 \cdot 10^5$	$9,984 \cdot 10^3$	$2,504 \cdot 10^3$	$1,2278 \cdot 10^6$	$1,272 \cdot 10^4$	$3,507 \cdot 10^4$

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0228	0,0374	0,0726	0,0379	0,0400	0,0728
Z AKCELERACE [%]	0,3514	0,5393	0,8812	0,4254	0,6190	0,8489

**JMÉNO: J.O.****BEZ MEDIKACE****POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)**

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	1
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	3	3
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	2,8	2,6

**GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)****MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ**

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0,2725	0,0351	$2,693 \cdot 10^{-3}$	$8,019 \cdot 10^{-3}$	0,0248	$1,250 \cdot 10^{-4}$
ÚHEL [°]	141,9465	53,3298	87,6099	50,3529	141,0581	100,1112
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	0,0452	$6,564 \cdot 10^{-4}$	$4,938 \cdot 10^{-5}$	0,0453	$4,108 \cdot 10^{-4}$	$9,182 \cdot 10^{-6}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	96,9469	8,3298	42,6099	5,3531	96,0581	55,1112

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	113,8264	48,7025	4,4489	24,5167	86,2113	47,9785
ÚHEL [°]	111,0149	87,4255	88,5311	94,5982	80,3855	87,2205
MINIMÁLNÍ MOMENT [m <sup>4</sup> ]	$2,992 \cdot 10^4$	$1,565 \cdot 10^3$	$2,111 \cdot 10^3$	734,7921	909,3779	183,2922
MÍRA ASYMETRIE [-]	$2,992 \cdot 10^4$	$1,565 \cdot 10^3$	$2,111 \cdot 10^3$	736,8721	914,1404	194,1148

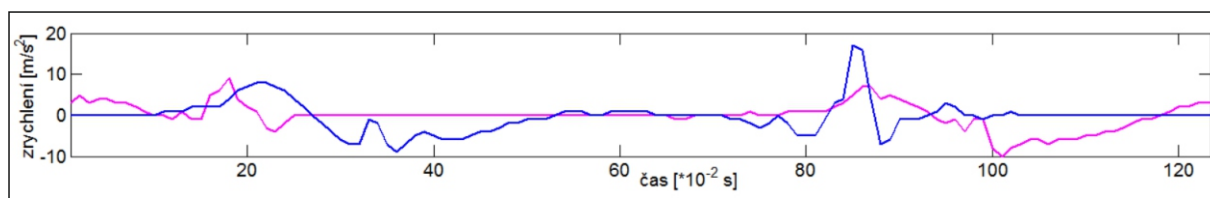
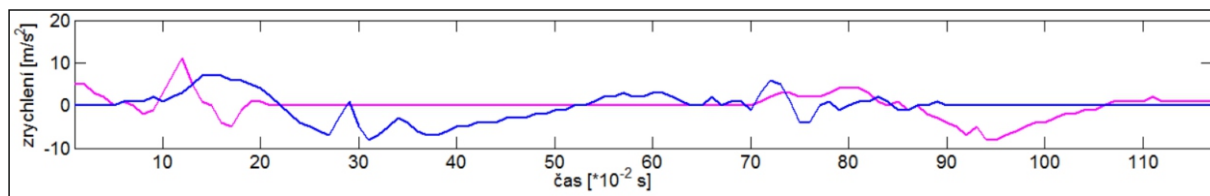
**TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ**

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,1043	0,2007	0,3334	0,1413	0,1821	0,0375
Z AKCELERACE [%]	0,7633	0,4129	0,5671	0,0339	0,2217	0,0620

## POČET KROKŮ A CELKOVÝ ČAS ( 1. a 2. měření)

POČET KROKŮ NA LEVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
POČET KROKŮ NA PRAVÉ DOLNÍ KONČETINĚ	2	2
CELKOVÁ DOBA OTOČKY [s]	1,2	1,2

## GRAFY V OSE Z (modrá - PDK, fialová - LDK)



## MÍRA ASYMETRIE POMOCÍ CYKLOGRAMŮ

Z POZICE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	0,0286	0,1110	$5,212 \cdot 10^{-3}$	0,1778	0,0362	$1,474 \cdot 10^{-4}$
ÚHEL [°]	70,4319	100,9213	72,1111	50,1402	33,3236	87,1112
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	0,0115	$2,944 \cdot 10^{-3}$	$3,156 \cdot 10^{-6}$	0,0172	$4,132 \cdot 10^{-4}$	$4,676 \cdot 10^{-7}$
MÍRA ASYMETRIE [-]	25,4320	55,9214	27,1111	5,1433	11,6765	42,1112

Z AKCELERACE	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
PLOCHA [m²]	149,6581	54,2434	18,2445	46,4259	26,5893	29,2416
ÚHEL [°]	70,4319	83,5809	83,5809	90,5686	98,7573	88,1617
MINIMÁLNÍ MOMENT [m⁴]	$6,673 \cdot 10^3$	$2,493 \cdot 10^3$	$7,016 \cdot 10^3$	$2,505 \cdot 10^3$	396,6210	283,9777
MÍRA ASYMETRIE [-]	$6,673 \cdot 10^3$	$2,493 \cdot 10^3$	$7,016 \cdot 10^3$	$2,505 \cdot 10^3$	401,1297	288,7237

## TREND SYMETRIE Z VLASTNÍCH VEKTORŮ

	PDK			LDK		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Z POZICE [%]	0,0336	0,0337	0,0336	0,0335	0,0336	0,0336
Z AKCELERACE [%]	0,2408	0,2684	0,1025	0,6425	0,0936	0,0947