



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra biomedicínské techniky**

---

# **Nelineární analýza pohybu osob s Parkinsonovou chorobou**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika  
Studijní obor: Biomedicínský technik

Autor bakalářské práce: Markéta Zavázalová  
Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Slávka Vítečková

---

**Kladno 2016**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Markéta Zavázalová**  
Obor: Biomedicínský technik  
Téma: **Nelineární analýza pohybu osob s Parkinsonovou chorobou**  
Téma anglicky: Nonlinear Analysis of Gait in Parkinson Disease

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je analyzovat vliv Parkinsonovy choroby na chůzi. Při analýze se zaměřte na nelineární kvantitativní hodnocení pohybu u pacientů s Parkinsonovou chorobou na základě dat získaných gyroakcelerometrickým systémem Xsens při vykonávání standardizovaného testu TUG. Vyberte nelineární parametry pro hodnocení pohybu. Implementujte výpočet parametrů 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. Ist, Williams & Wilkins, 1994, ISBN 978-0683073607  
[2] Cris Zampieri, Arash Salarian, Patricia Carlson-Kubla, Kamier Aminian, John G-Nett, Fay B Horak. The instrumented timed up and go test: potential outcome measure for disease modifying therapies in Parkinson's disease. J Neural Neurosurg Psychiatry, číslo 81, 2010

zadání platné do: 30.09.2017  
Vedoucí: Mgr. Slávka Vitečková

  
vedoucí katedry / pracoviště

  
děkan

V Klánské dně 22.02.2016

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Nelineární analýza pohybu osob s Parkinsonovou chorobou“ vypracoval/a samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém 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 18.5.2016

.....

Markéta Zavázalová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucí práce Mgr. Slávce Vítěčkové za vstřícnost, cenné rady a metodické vedení práce. Dále bych chtěla poděkovat svojí rodině za podporu během vypracování bakalářské práce.

**Název bakalářské práce:**

Nelineární analýza pohybu osob s Parkinsonovou chorobou

**Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou analýzy vlivu Parkinsonovy choroby na chůzi. Hlavním cílem práce je navrhnout a realizovat aplikaci Hurstova exponentu a přibližné entropie na různá akcelerometrická data. Hlavní částí práce je výpočet Hurstova exponentu a přibližné entropie, což jsou metody nelineární analýzy. Poté je to následné statistické zhodnocení rozlišovací schopnosti těchto dvou vybraných metod mezi referenční skupinou a pacienty s Parkinsonovou chorobou. Akcelerometrická data byla naměřena během experimentálního měření při TUG testu. Hurstův exponent a přibližná entropie byly hodnoceny pro osy x, y a z v zemském souřadném systému. Vypočítaná data byla přehledně zpracována a statisticky vyhodnocena. Nepodařilo se potvrdit dostatečnou rozlišovací schopnost Hurstova exponentu a přibližné entropie mezi kontrolní skupinou, pacientů s medikací a pacientů bez medikace.

**Klíčová slova:**

Hurstův exponent, přibližná entropie, Parkinsonova choroba, akcelerometr, analýza chůze

**Bachelor's Thesis title:**

Nonlinear Analysis of Gait in Parkinson Disease

**Abstract:**

Bachelor thesis deals with the analysis of the effects of Parkinson's disease on walking. The main objective is to design and implement application Hurst exponent and approximate entropy to different accelerometer data. The main part of this work is to calculate the Hurst exponent and approximate entropy. Then it's subsequent statistical evaluation of the resolving power of these two selected methods between the reference group and patients with Parkinson's disease. Accelerometer data was measured during the experimental measurements at TUG test. Hurst exponent and approximate entropy were evaluated for three-position sensor on the body of the subject. Calculated data was clearly processed and statistically analyzed. Unable to confirm sufficient resolution Hurst exponent and approximate entropy.

**Key words:**

Hurst Exponent, Approximate Entropy, Parkinson Disease, accelerometer, gait analysis

# Obsah

Seznam symbolů a zkratk.....	1
1 Úvod.....	2
1.1 Cíle práce.....	2
2 Teoretické základy práce.....	3
2.1 Přehled současného stavu.....	3
2.2 Parkinsonova choroba.....	4
2.2.1 Fáze Parkinsonovy choroby.....	5
2.3 Chůze.....	6
2.3.1 Krokový cyklus.....	6
2.3.2 Parametry chůze.....	7
2.3.3 Dopady Parkinsonovy choroby.....	8
2.4 Nelineární analýza.....	9
2.5 Hurstův exponent.....	9
2.6 Entropie.....	11
2.6.1 Přibližná entropie.....	12
2.7 Akcelerometry.....	14
2.8 Orientace tělesa v prostoru.....	15
2.8.1 Kvaterniony.....	15
2.8.2 Eulerovy úhly.....	16
3 Metody.....	17
3.1 Klasifikace testovaného souboru osob.....	17
3.2 Měřicí soustava – přístroje, senzory.....	17
3.3 Popis senzorů.....	17
3.4 Umístění senzorů.....	19
3.5 Test pohyblivosti.....	20
4 Výsledky.....	26
4.1 Hurstův exponent.....	26
4.2 Přibližná entropie.....	33
4.3 Statistická analýza.....	39
5 Diskuse.....	49
6 Závěr.....	52
Seznam použité literatury.....	53
Seznam obrázků.....	55
Seznam tabulek.....	57
Seznam příloh.....	61
Příloha 1: Tabulky Hurstových exponentů.....	62
Příloha 2: Tabulky přibližné entropie.....	70

# Seznam symbolů a zkratek

ZKRATKA	VÝZNAM
PN	Parkinsonova nemoc
TUG	Time Up and Go
H	Hrudník
PHK	Pravá horní končetina
LHK	Levá horní končetina
PDK	Pravá dolní končetina
LDK	Levá dolní končetina
NOR	Referenční skupina subjektů
ON	Pacienti po podání medikamentů
OFF	Pacienti bez medikamentů
HE	Hurst Exponent
APEN	Approximate Entropy
LX	Levá dolní končetina, osa x v zemském souřadném systému
LY	Levá dolní končetina, osa y v zemském souřadném systému
LZ	Levá dolní končetina, osa z v zemském souřadném systému
PX	Pravá dolní končetina, osa x v zemském souřadném systému
PY	Pravá dolní končetina, osa y v zemském souřadném systému
PZ	Pravá dolní končetina, osa z v zemském souřadném systému
ALFA	Hladina významnosti



# 1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem Parkinsonovy choroby na pohyb osob postižených touto chorobou. Parkinsonova choroba je časté nevyléčitelné onemocnění nervové soustavy. K propuknutí symptomů dochází nejčastěji mezi 40 – 70 rokem, Parkinsonova choroba častěji postihuje muže než ženy v poměru 3:2. Při Parkinsonově chorobě se mohou některé patologické změny objevit až několik desítek let před propuknutím příznaků. Rozvoj je však natolik nenápadný a plíživý, že provedení diagnózy v tomto období je nemožné. Pro zvládnutí této choroby a úspěšný průběh terapie je nutné její včasné odhalení a správná diagnostika. [1]

Včasné rozeznání choroby je hlavním důvodem, proč jsem se ve své práci zaměřila na vyhodnocení akcelerometrických dat za pomoci Hurstova exponentu a přibližné entropie. Tyto dvě metody by mohly být vhodné pro včasné odhalení Parkinsonovy choroby. Na základě těchto metod by mohl být sestaven vhodný test pro rozpoznání, zda pacient má Parkinsonovu chorobu. Pokud bude choroba diagnostikována v raném stádiu, může medikace a terapie zajistit pomalejší průběh onemocnění. Jelikož dochází ke stárnutí populace, předpokládám, že se bude výskyt Parkinsonovy choroby u osob po 60. roce života nejpravděpodobněji zvyšovat. Z tohoto důvodu je nutné nalézt vhodné testy odhalující Parkinsonovu chorobu.

## 1.1 Cíle práce

Hlavním cílem práce je statistické vyhodnocení rozlišovací schopnosti Hurstova exponentu a přibližné entropie. Vyhodnocení probíhá u pacientů s Parkinsonovou chorobou před a po medikaci a referenční skupiny. Dále můžeme zjistit, zda lze ze změn hodnot Hurstova exponentu a přibližné entropie odvodit účinnost léčby.

Dalším cílem je porovnání rozlišovací schopnosti Hurstova exponentu a přibližné entropie.

## 2 Teoretické základy práce

### 2.1 Přehled současného stavu

Ateke Goshvarpour a kolektiv studovali chůzi u zdravých osob. Měření se zúčastnilo 10 mužů ve věku 18-29 let. Subjekty neměly v minulosti žádné neuromuskulární, respirační ani kardiovaskulární komplikace a neužívaly medikamenty. Subjekty chodily po oválu dlouhém 225 nebo 400 metrů. Krokový cyklus byl měřen ultratenkou citlivou vložkou umístěnou v botě subjektu. Data byla analyzována třemi různými způsoby (Hurstův exponent, Poincareho mapa a Lyapunovský exponent). Porovnávala byla normální, rychlá a pomalá chůze. Hurstův exponent u normální chůze je 1,12, u rychlé chůze klesá na hodnotu 1,06 a při pomalé chůzi je 0,92. [2] Tyto výsledky mohou podle mého názoru sloužit k orientačnímu porovnání hodnot s výsledky referenční skupiny. Dále mohou sloužit jako orientační hodnoty při porovnávání s hodnotami pacientů s Parkinsonovou chorobou.

Zhuang Jian Jun a kol. prováděli TUG test s 15 subjekty. 5 subjektů byly osoby bez Parkinsonovy choroby mezi 23-29 lety, 5 subjektů byly osoby mezi 71-77 lety, v poslední skupině bylo 5 osob s Parkinsonovým onemocněním mezi 60-77 lety. Data byla snímána tenkou podložkou umístěnou v botě subjektu. Další data byla získána ze senzoru, který byl umístěn na kotníku subjektu. Data získaná od subjektů byla upravena R/S metodou, poté byl vypočítán Hurstův exponent. Z analýzy získaných dat vyplývá, že Hurstův exponent má snižující se tendenci se zvyšujícím se věkem a pokročilejší formou Parkinsonovy choroby. [3]

## 2.2 Parkinsonova choroba

Parkinsonova nemoc (PN) je chronické progresivní onemocnění nervové soustavy. Vzniká na podkladu degenerativního zániku neuronů v pars compacta substantiae nigrae a v dalších pigmentovaných jádrech kmene mozku, v jehož důsledku dochází k nedostatku dopaminu (DA) a jiných neuromediátorů v bazálních gangliích mozku. PN se projevuje charakteristickou poruchou hybnosti, tzv. extrapyramidovým hypokineticko-rigidním (parkinsonským) syndromem skládajícím se z hypokineze, rigidity, třesu a posturální poruchy, odpovídajícím na dopaminergní léčbu. Dalšími projevy PN mohou být vegetativní, senzorické, afektivní a kognitivní poruchy. [4]

Parkinsonova nemoc je nevléčitelné chronické neurodegenerativní onemocnění. V současné době je možné pouze potlačit nebo omezit projevy jednotlivých příznaků Parkinsonovy nemoci. [5]

Parkinsonova nemoc je běžné neurodegenerativní onemocnění bazálních ganglií, které ovlivňuje zhruba 1% lidí starších 60 let. PN zkracuje délku života. Pacienti s Parkinsonovou nemocí ztrácejí svou nezávislost, protože jsou náchylnější na pády a potýkají se se závažnými poruchami chůze. Třes, rigidity a bradykineze (pomalé pohyby) jsou charakteristické příznaky PN. V současné době se jedná o nevléčitelné onemocnění, ale léčba významně zlepšuje kvalitu života pacientů.

Některé studie naznačují, že hlavním důvodem pomalé chůze u starších osob a pacientů s Parkinsonovou chorobou je zlepšení stability. Nižší rychlost posiluje stabilitu chůze. Pomalejší nebo rychlejší chůze než je rezonanční frekvence, vyžaduje zvláštní aktivitu nervosvalové kontroly k udržení stabilní periodické lokomoce. Staří jedinci přijímají pomalejší a bezpečnější chůzi, aby zabránili pádům, avšak pády jsou hlavní příčinou úmrtí u starších pacientů. Kolísání při chůzi od jednoho kroku k dalšímu nebo nestabilní chůze je hlavním indikátorem pro sníženou pohyblivost.

Vědci zkoumali regulaci krokového cyklu u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Došli k závěru, že pacienti s PN se při chůzi nohama déle dotýkají země a mají delší krokový cyklus. [6]

Jestliže si seřadíme příčiny Parkinsonovy nemoci podle častosti uplatnění, pak musíme na prvním místě jmenovat vrozenou dispozici k předčasnému opotřebování nervových systémů řídících hybnost. Příznaky se většinou projeví až v pokročilém věku, mezi 50. - 60. rokem. Na vrozenou dispozici pomýšlíme proto, že nenacházíme žádné okolnosti, které by mohly svědčit pro nějakou jinou příčinu onemocnění. [7]

Roth uvádí: „*Parkinsonova choroba je v počátečním stádiu velice těžce rozpoznatelná. Většina pacientů příznakům nemoci nepřikládá velký význam, neboť je považují za příznaky přirozeného stárnutí. Člověk se stává stále více nešikovným, protože nemoc ovlivňuje jemnou koordinaci jeho pohybů. Přibývající ztuhlost a bolesti svalů přikládá únavě. Bohužel neexistuje žádné laboratorní vyšetření ani rutinní zkušenosti, s jejichž pomocí by se dala nemoc v počátcích jednoznačně určit. Neurologové jsou odkázáni především na prohlídky a sledování změn zdravotního stavu pacienta. V podstatě jediným možným a zároveň přesným důkazem je užití léku Levodopy (L-Dopa). Ten potlačí potíže právě tehdy, jedná-li se skutečně o Parkinsonovu nemoc.*“ [4]

### **2.2.1 Fáze Parkinsonovy choroby**

První fází nemoci je vypuknutí onemocnění samotného. První problémy nejsou většinou specifické právě pro Parkinsonovu chorobu: bolesti ramen, zad, pocit těžkých končetin, pocity únavy, poruchy spánku, poruchy psaní. Po čase se začne projevovat především klidový třes končetin a to výrazněji na jedné straně těla. V této počáteční fázi má třes poměrně nízkou frekvenci (4-7 Hz) a při pohybu není patrný. Mezi další obtíže patří ztuhlost svalstva (rigidita), zpomalenost pohybů (bradykineze), šouravá chůze a zkracování délky kroku. V této fázi onemocnění může pacient setrvat i několik let, než se následně projeví druhá fáze choroby.

Během druhé fáze dochází ke zhoršování příznaků z první fáze. Třes se značně zesílí a je viditelný i na druhé polovině těla. Pacient ztrácí výraz v obličeji a dochází k nahrbení postavy postiženého. Dostavují se poruchy řeči a pozorovacích schopností.

Třetí fáze choroby je konečnou fází. Ve třetí fázi dochází k podobné degeneraci jako u Alzheimerovy choroby (často dochází ke ztotožňování s touto nemocí nebo k jejich záměně). Veškeré zmíněné příznaky přetrvávají. V této fázi onemocnění se žádné další příznaky nedostavují. [4]

## 2.3 Chůze

Pro pochopení chůze pacientů s Parkinsonovou chorobou je nutné znát důležitá hlediska fyziologické chůze. Fyziologická chůze slouží jako vzor při pokusných měřeních.

Chůze je jeden z nejpřirozenějších a nejpoužívanějších pohybů lidského těla. Řadí se mezi lokomoci a jedná se o pohyb z místa na místo. Člověk provádí chůzi téměř nevědomě. Pro člověka je chůze jednoduchý pohyb, avšak jedná se o komplikovaný pohyb složený z mnoha částí. Každý člověk má svou typickou chůzi, která se mění po celý život. Z pohledu mechaniky je chůze řízeným pádem, při kterém tělo padá dopředu ze stabilní polohy z jedné stojné nohy na druhou stojnou nohu.

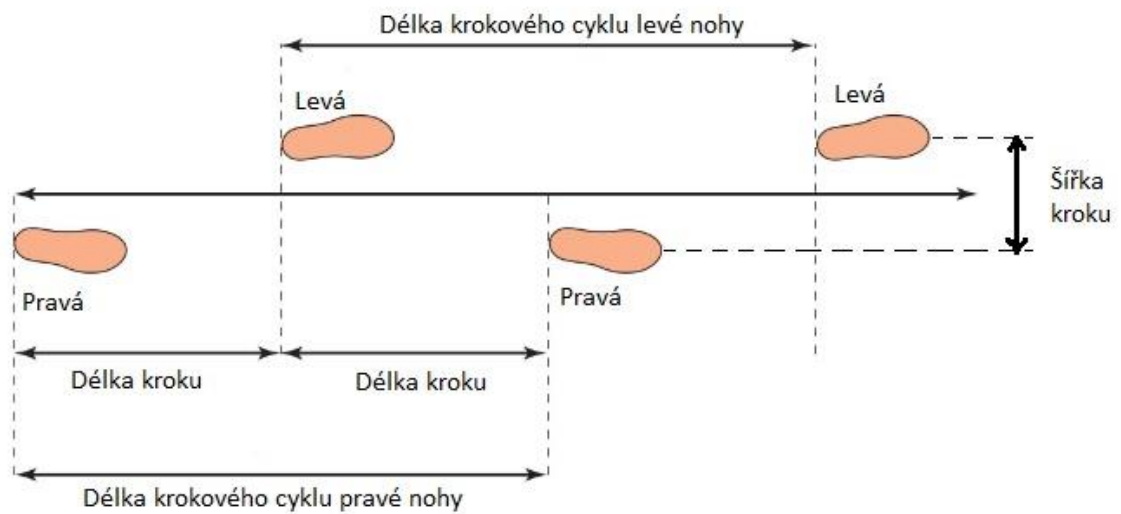
Chůze je komplexní pohyb, při kterém se mohou projevit poruchy pohybového aparátu nebo nervové soustavy. Základním předpokladem pro správné vyšetření chůze je znalost krokových fází a kineziologie pohybů jednotlivých segmentů těla v každé fázi chůze. [8]

### 2.3.1 Krokový cyklus

Krokový cyklus má dvě hlavní fáze – opornou a švihovou. Při srovnání krokových cyklů obou dolních končetin lze určit fázi dvojí opory a fázi jedné opory. Ve fázi dvojí opory jsou obě dolní končetiny zároveň ve styku s opěrnou bází. Při běhu tato fáze chybí. Základním prvkem chůze je krok, jedná se o vzdálenost mezi místy dopadu pravé a levé paty. Krokový cyklus je tvořen dvěma kroky, nebo-li dvojkrokem. Dvojkrok je vzdálenost mezi místy dopadu paty jedné dolní končetiny na začátku a na konci jejího krokového cyklu. [9]

Gamble & Rose rozdělují krokový cyklus do těchto fází [9]:

1. Postupné zatížení
2. Mezistoj
3. Konečný stoj
4. Iniciální švih
5. Mezišvih
6. Koncový švih



Obr. 2.1: Popis umístění chodidel na podložce, převzato a upraveno z [26]

### 2.3.2 Parametry chůze

Pro popis chůze existují různé parametry, mezi které patří například [10]:

- Rychlost chůze
- Délka kroku
- Délka dvojkroku
- Šířka kroku
- Kadence

Rychlost chůze je definována jako čas, který je zapotřebí k ujití určité vzdálenosti. Jednotkou rychlosti jsou metry za sekundu (m/s). Rychlost je ovlivňována vnitřními a vnějšími činiteli. Každá osoba má svou přirozenou rychlost, dle potřeby by měla být schopná ji měnit. [9]

Délka kroku je definována jako vzdálenost mezi stejnými body na končetinách při jejich dopadu.

Délka dvojkroku je délka jednoho krokového cyklu, jedná se o součet délky pravého a levého kroku. [10]

Šířka kroku se měří jako laterální vzdálenost mezi chodidly. Nejčastěji se měření provádí mezi středy patních kostí. Jelikož se nejedná o velkou vzdálenost, jako tomu bylo u měření délky kroku, používají se jako měřící jednotky milimetry. Čím má člověk šířku kroku delší, tím stabilnější je jeho postoj. [9]

Kadence, nebo-li frekvence, je počet kroků za určitou časovou oblast. Jednotkou tohoto parametru je počet kroků za minutu. [11]

### **2.3.3 Dopady Parkinsonovy choroby**

Parkinsonova choroba ovlivňuje tělo jako celek. Mezi nejčastěji se vyskytující dopady patří například:

- Třes
- Pomalé nekoordinované pohyby
- Obtížná artikulace
- Svalová ztuhlost a další

Nemoc samozřejmě ovlivňuje i pohyb a způsobuje tzv. šoupavou chůzi. U osob s Parkinsonovou chorobou sledujeme tyto abnormality [10]:

- Mění se šířka kroku
- Snižuje se rychlost chůze
- Zkracuje se krokový cyklus, frekvence se nemění
- Snižuje se pohyblivost v kloubech dolních končetin

Někdy dochází ke zcela náhlému přerušení pohybu (tzv. freezing) a člověk pak není po krátký časový úsek schopen dokončit pohyb.

## 2.4 Nelineární analýza

Metody nelineární analýzy se používají především k hodnocení dynamických systémů, jejichž činnost je ovlivněna velkým množstvím zpětnovazebních mechanismů, které na první pohled nemají hlubší souvislost, proto budí dojem náhodných (chaotických) jevů. [33]

Existuje mnoho způsobů, jak lze provést nelineární analýzu. Mezi nejčastěji používané metody nelineární analýzy patří odhad Hurstova exponentu, Lyapunova exponentu, přibližná entropie, vzorková entropie, atd. Tyto metody poskytují informace o dynamických systémech a slouží v klinické praxi například ke včasné diagnostice některých onemocnění.

## 2.5 Hurstův exponent

Dlouhodobé závislosti v signálu mohou být odhadnuty v rámci R/S analýzy (Rescaled Range Analysis) Hurstovým exponentem  $HE$  (Hurst Exponent). Hurstův exponent určuje míru chaotičnosti. Jestliže pravděpodobnostní rozložení systému není normální, nebo dosti tomu blízké, je zapotřebí použití neparametrické analýzy. Hurstův exponent je takovou metodou pro časové řady. Tento exponent může rozlišit fraktální časovou řadu od náhodné, nebo nalézt dlouhodobý paměťový cyklus.

Autor metody R/S analýza a Hurstova exponentu, Harold Edwin Hurst, po kterém je pojmenována také uvedená charakteristika, se podílel na stavbě přehrad. Hurst se věnoval analýze historických údajů o úrovních hladiny Nilu. Klasické statistické metody nenašly žádný statisticky významný vztah mezi porovnáními. Hurst proto vyvinul svou vlastní metodologii a použil ji na údaje o hladině Nilu. Za pomoci této metody zjistil, že úroveň hladiny Nilu má k náhodnému kolísání celkem daleko. [34]

V roce 1951 Hurst publikoval neparametrickou metodu, která se následně ukázala jako univerzálně použitelná pro rozlišení náhodných a deterministických systémů, stanovení přetrvávajících trendů a průměrných délek nepravidelných cyklů. Hlavní výhodou R/S analýzy je v tom, že se jedná o neparametrickou metodu, proto není nutné předpokládat určitý tvar pravděpodobnostního rozdělení. [35]



Hurstův exponent může nabývat hodnot od 0 do 1 a uvádí charakter objektu. Složitější řada z pohledu struktury je popsána nižším Hurstovým exponentem, zároveň jsou vstupní data více chaotická. Jednodušší (často hladší) časová řada má vyšší Hurstův koeficient. [36]

R/S analýza poskytuje několik základních charakteristik zkoumané číselné řady, i přesto můžeme Hurstův exponent považovat za její výsledek. Poté je interpretace Hurstova exponentu ( $HE$ ) následující. Hodnoty  $HE < 0,5$  ukazují antipersistenci (záporný vzájemný vztah), v tomto případě se křivka s největší pravděpodobností vrátí k bodu, ze kterého vyšla. Pokud je  $HE = 0,5$ , časová řada je vytvářena nezávislým procesem identického rozložení. Hodnoty  $HE > 0,5$  znamenají přetrvávání (kladný vzájemný vztah), což ukazuje, že křivka v grafu s velkou pravděpodobností bude pokračovat v nynějším směru. Čím je hodnota  $HE$  menší, tím více je časová řada rozeklaná. [33] Hurstův exponent je ovšem spíše odhadován než počítán. Odhad exponentu lze provést několika různými způsoby, přesnost odhadu může být komplikovanou záležitostí.

Následující příklad by mohl přispět k lepšímu pochopení principu R/S analýzy: *„Představme si člověka uprostřed široké silnice, který každým krokem kráčí vpřed a současně kousek do strany, doleva nebo doprava. Předpokládejme, že jeho posuny do strany jsou náhodné. Kde se bude člověk nacházet po 10 krocích? Pokud očekáváme, že opět přesně uprostřed silnice, bude to nejlepší odhad, jiný konzistentní a nezkráslý odhad neexistuje. Zároveň si můžeme být jisti, že se po 10 krocích nebude nacházet uprostřed silnice. Zajímá nás, jak široké rozpětí silnice využil. Dostane-li se během 10 kroků maximálně 1 metr vlevo a 2 metry vpravo od středové čáry, pak „pokryl“ 3 metry šířky silnice. Bude-li pokračovat se stále stejnou střední hodnotou i rozptylem posunů do strany, je jisté, že pokrytí šířky silnice například po 40 krocích nebude menší než po 10. Můžeme očekávat, že pokrytí šířky silnice se oproti 10 krokům zdvojnásobí. Cestu takového člověka můžeme rozdělit na 1, 2, 4, 8, 16 atd. intervalů a sledovat, jak rostlo průměrné pokrytí šířky silnice v závislosti na počtu kroků odpovídající intervalům zvolené délky. Pohyboval-li se s konstantní střední hodnotou i rozptylem posunů, průměrné pokrytí šířky roste s každým zdvojnásobením počtu kroků přibližně  $\sqrt{2}$  – krát, čemuž odpovídá odhad Hurstova exponentu přibližně 0,5.“ [37]*

## Princip výpočtu Hurstova exponentu

Obecný postup pro výpočet Hurstova exponentu se skládá z následujících kroků:

$$\bar{x}(\tau) = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} x_i \quad (1)$$

$$X(t, \tau) = \sum_{i=1}^t [x_i - \bar{x}(\tau)], \quad t = 1, 2, \dots, \tau, \quad (2)$$

$$S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^t [x_i - \bar{x}(\tau)]^2}, \quad (3)$$

$$R(\tau) = \max X(t, \tau) - \min X(t, \tau), \quad (4)$$

$$H(\tau) = \log[R(\tau) / S(\tau)] / \log(\tau), \quad (5)$$

kde  $x = (x_1, x_2, \dots, x_t)$  je posloupnost hodnot časové řady a  $t$  je počet jejich hodnot. [12]

Ve zmíněných krocích se v rovnici (1) počítá průměrná hodnota všech hodnot. V rovnici (2) je uveden výpočet odchylky od průměrné hodnoty. Následně se vypočítá směrodatná odchylka (3). Rovnice (4) uvádí výpočet rozpětí kumulovaných odchylek. Vypočítané hodnoty z rovnice (3) a (4) se dosadí do rovnice (5), ve které se počítá hodnota Hurstova exponentu.

## 2.6 Entropie

Pro pochopení přibližné entropie je potřeba nejdříve pochopit, co znamená entropie samotná. Entropie je nejvíce používána v termodynamice, kde dochází ke změně energie. Entropii však lze definovat i jinak při aplikaci na časové řady nebo různé druhy signálu.

Entropie je definována jako ztráta informace v časové řadě nebo signálu. Také by se dala entropie vysvětlit jako míra neurčitosti systému. V posledních dvaceti letech se staly metody entropie velice populární pro určení periodicity a pravidelnosti během zpracování různých lidských dat. V současné době se nejčastěji používají dvě metody, přibližná entropie a vzorková entropie. [13]

## 2.6.1 Přibližná entropie

Přibližná entropie (approximate entropy = ApEn) je hodnota kvantifikující pravidelnost nebo předvídatelnost variability v časových úsecích. Hodnota blíží se nule odpovídá maximální pravidelnosti, hodnoty blíží se číslu 2 reprezentují maximální nepravidelnost. [14]

Přibližná entropie rozlišuje mezi šumem a chaotickými časovými řadami s poměrně malým počtem datových bodů, tj. 1000. Bylo navrženo, aby se používala data s kratším datovým počtem, od 75 do 100 datových bodů. Tento krok se ukázal jako zásadní pro výzkumné pracovníky, kteří pracují se subjekty, jelikož získat dlouhý nepřetržitý záznam je velmi obtížné. Největší problém je s patologickými pacienty a se staršími lidmi. Pro tyto skupiny může být plnění úkolů během měření obtížné, nejčastějším problémem je únava. [13]

Metodu pro výpočet přibližné entropie navrhl v jedné ze svých prací Pincus. Metoda zkoumá analýzu srdečního rytmu, která využívá přibližnou entropii. Tuto metodu aplikoval na krátká data, která byla zašuměná. [15] Přibližná entropie slouží jako měřítko složitosti systému. Dochází k detekci změn srdečního rytmu. Časové řadě s větší hodnotou variability odpovídající více složitým nebo nepravidelným datům přiřazuje kladné číslo.

Hlavní smysl přibližné entropie je v kvantifikaci míry neuspořádanosti signálu. Jedná se o vyčíslení pravidelnosti a komplikovanosti časových sérií. Série obsahující opakující se vzory je popsána malými hodnotami přibližné entropie. Naopak málo předvídatelné série dávají vyšší hodnoty přibližné entropie. [16]

Jedná se o statistickou veličinu, která je odvozena od měření chaotických systémů nepravidelných časových řad. [15] I přes to, že datové sekvence nejsou příliš dlouhé, vykazuje přibližná entropie dobrou klasifikační výkonnost. Tato metoda dostatečně rozlišuje systémy s různými stupni složitosti. [17]

### Princip výpočtu přibližné entropie

Metoda měří míru výskytu hodnot, které závisí na předchozím vstupu. Nízká pravidelnost a předvídatelnost vyplývá z vysokých hodnot. Přibližná entropie používá vstup o délce  $N$ , pevně stanovený počet předchůdců  $m$  a pevně stanovený parameter podobnosti tolerance  $r$ . [17] Podobnost tolerance  $r$  popisuje, nakolik se od sebe mohou dvě sekvence lišit, přestože jsou považovány za totožné. [18]

Přibližná entropie se počítá jako algoritmus podílu relativní prevalence opakujících se vzorců délky  $m$  ku vzorci s délkou  $m+1$ . [19]

Jako vstupní parametr se používá hodnota velikosti vektorů srovnávaných ve vybrané oblasti intervalu. Jsou dány  $N-m+1$  vektory o  $m$  složkách ze vstupních dat:

$$R_m(i) = [RR(i), RR(i + 1), \dots, RR(i + m)]. \quad (6)$$

Vektor  $R_m(i)$  reprezentuje sekvenci  $m$  po sobě jdoucích  $RR_i$  hodnot začínajících číslem  $i$ . Dva vektory  $R_m(i)$  a  $R_m(j)$  jsou si podobné, jestliže absolutní rozdíl mezi každým párem odpovídajících si skalárních složek je menší než  $r$ . Přibližná entropie se pak spočítá jako:

$$ApEn(r, m) = \ln \left[ \frac{C^m(r)}{C^{m+1}(r)} \right], \quad (7)$$

kde  $C^m(r)$  vyjadřuje pravděpodobnost objevení sekvence o určitém  $m$ , což je délka vzorku pro predikci, parametr  $r$  pak označuje kritérium podobnosti. Vysoký stupeň pravidelnosti znamená, že sekvence, které jsou podobné na  $m$  bodech, budou pravděpodobně podobné také na  $m+1$ . Toto tvrzení je ovšem velice nepravděpodobné pro nepravidelné časové řady. Naopak nízké hodnoty ApEn znamenají vysokou pravidelnost.

### Výběr parametrů přibližné entropie

Při analyzování signálu je žádoucí stanovit vzorec s délkou  $m$  rovnou 1, 2 nebo 3. Změny získané ve výsledcích s těmito hodnotami nejsou příliš viditelné. [15]

Hodnotu parametru podobnosti tolerance  $r$  Pincus doporučuje mezi 10% a 25% standardizované odchylky dat [15]. Lepších výsledků ovšem bylo dosaženo při použití pevného parametru. [20] Nastavení parametru podobnosti tolerance  $r$  na jedno procento směrodatné odchylky dat by mohlo zapříčinit, že metoda bude citlivá na odlehlé hodnoty. K odstranění většiny šumu v datech, by  $r$  mělo být větší než úroveň šumu. [17]

Nejčastěji využívaná hodnota pro počet vzorků signálu  $N$  je od 100 do 5000 vzorků. [21]

Ačkoli byla tato metoda hojně využívána, má vážné nedostatky. [19] Například vstup musí mít určitou minimální délku. Pincus navrhoval alespoň 1000 hodnot. Moorman a Richman upozorňují, že přibližná entropie je na délce vstupu silně závislá. [18]

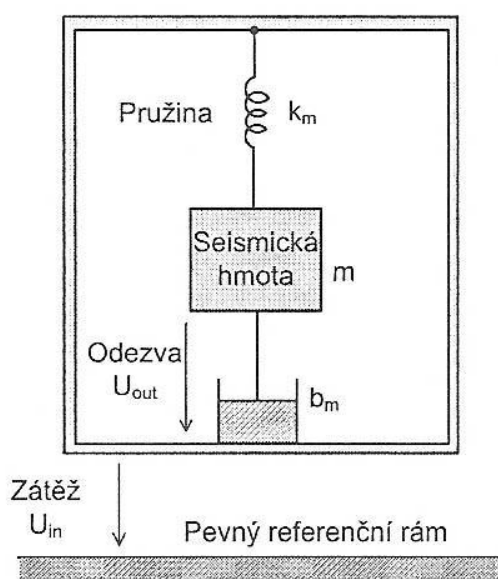
Volené vstupní parametry potřebné k výpočtu přibližné entropie jsou dva. První je parameter  $m$ , který představuje délku vzorku pro predikci, druhý je parameter  $r$ , který udává kritérium podobnosti (vzdálenost). Parametr  $N$  představuje počet prvků časové řady.

## 2.7 Akcelerometry

Akcelerometry jsou zařízení, které se používají k měření mechanické veličiny zrychlení. Jedná se o senzory, které používají vztažný bod vytvořený uvnitř senzoru. Poloha vůči vztažnému bodu se měří relativním senzorem, který je umístěn uvnitř absolutního senzoru. Absolutní zrychlení je měřeno vůči zemi. Relativní zrychlení je měřeno vůči pohybujícímu se předmětu. Zrychlení (akceleraci) lze formulovat pro pohyb přímočarý i kruhový. Jedná se o první derivaci rychlosti a druhou derivaci dráhy podle času.

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (8)$$

Princip akcelerometru je založen na vyrovnávání síly působící na hmotný objekt v důsledku zrychlení a síly pružiny. Princip činnosti je zobrazen na obrázku 2.2.



Obr. 2.2: Princip činnosti akcelerometru [22]

Podle počtu os, které akcelerometr snímá, je dělíme na jednoosé, dvouosé a tříosé. Dále je lze dělit na akcelerometry kapacitní a se seismickou hmotou (piezoelektrické a piezoodporové akcelerometry).

Piezoelektrické akcelerometry lze použít pro měření vibrací. Měří se poloha seismické hmotnosti vůči pouzdru senzoru – piezoelektrické napětí. Tento druh akcelerometru nelze využít pro měření statického zrychlení.

Piezoodporové akcelerometry fungují na principu zjišťování napětí na základě změn v materiálu. Pohybem hmoty dochází k prodlužování nebo zkracování piezoodporového element. Změna je úměrná výchylce hmoty.

Kapacitní akcelerometry mají vyšší citlivost a stabilitu oproti piezoodporovým akcelerometrům. Využívají pro měření zrychlení mikrořemíkovou strukturu, kde změna kapacity odpovídá změně zrychlení. Během pohybu seismické hmoty se zvyšuje jedna kapacita a druhá se snižuje. Dochází k vyhodnocení rozdílu mezi kapacitami. [22]

## 2.8 Orientace tělesa v prostoru

V matematice existuje několik způsobů, jak je možné převést data získaná z akcelerometru ze souřadného systému zařízení na zemský souřadný systém. Pro převod mezi těmito dvěma souřadnými systémy lze využít například Eulerovy úhly nebo kvaterniony. Každá metoda má jiné základní parametry a jejich provedení je různě časově náročné.

### 2.8.1 Kvaterniony

Kvaterniony jsou nekomutativní rozšíření komplexních čísel. Jedná se o uspořádané čtveřice reálných čísel, kde jsou definovány operace sčítání a násobení. Pomocí nich vyjadřujeme rotaci různých souřadných soustav. Pomocí kvaternionů lze vyjádřit rotační matici:

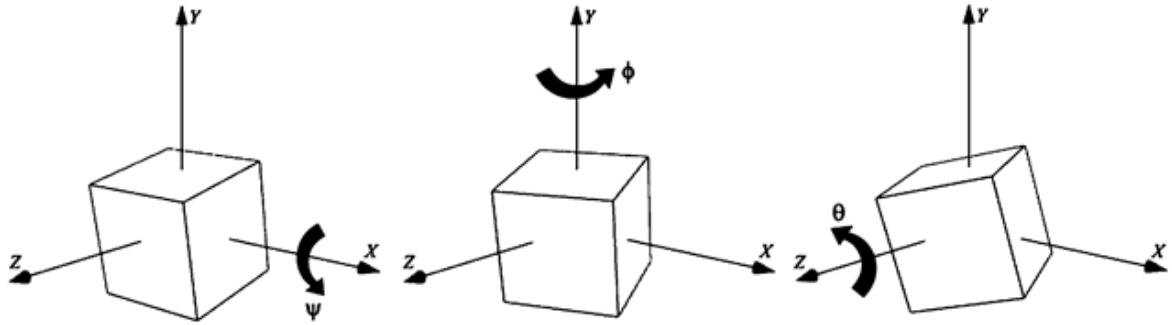
$$M = \begin{bmatrix} 1 - 2q_2^2 - 2q_3^2 & 2q_1q_2 - 2q_0q_3 & 2q_0q_2 + 2q_1q_3 \\ 2q_1q_2 + 2q_0q_3 & 1 - 2q_1^2 - 2q_3^2 & 2q_2q_3 - 2q_0q_1 \\ 2q_1q_2 - 2q_0q_3 & 2q_0q_1 + 2q_2q_3 & 1 - 2q_1^2 - 2q_2^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Obrázek 2.3: Výpočet hodnot rotační matice [23]

Rotační matici použijeme pro převod souřadného systému akcelerometru na souřadný systém Země. [23]

## 2.8.2 Eulerovy úhly

Jedná se o velice jednoduchý způsob, jak určit orientaci tělesa v prostoru. Pro převod z jednoho souřadného systému do druhého je nutné realizovat řadu tří po sobě jdoucích rotací kolem všech os o předem určený úhel (viz Obr. 2.4). [24]



Obr. 2.4: Úhly rotace kolem jednotlivých os [25]

Zjednodušená formulace Eulerových úhlů:

- Úhel  $\Psi$  představuje pozitivní rotaci kolem osy  $x$
- Úhel  $\Phi$  představuje pozitivní rotaci kolem osy  $y$
- Úhel  $\theta$  představuje pozitivní rotaci kolem osy  $z$  [24]

## 3 Metody

### 3.1 Klasifikace testovaného souboru osob

Testovaný soubor osob se skládal z 23 subjektů. Soubor byl rozdělen na dvě skupiny – pacienty s Parkinsonovou nemocí a referenční skupinu.

Referenční skupina se skládala z 10 subjektů.

Pacientů s Parkinsonovou chorobou bylo celkem 13. Od těchto subjektů jsme získali dvě sady dat. První sada dat byla naměřena bez podání jakýchkoli medikamentů, které by nějak tišily Parkinsonovou chorobu. Medikamenty pacient přestal užívat 24 hodin před absolvováním testu. Druhá sada dat byla získána po podání medikamentů, které tišily příznaky onemocnění. Obě sady měření byly získány s časovým odstupem.

### 3.2 Měřicí soustava – přístroje, senzory

Data byla naměřena pomocí snímacího systému od firmy Xsens – Xbus Kit. Snímací systém se skládal z 5 senzorů umístěných na těle subjektu, připojovacích kabelů a hlavní zaznamenávací jednotky. Každý senzor měl vlastní softwarové označení, senzory byly vždy umístěny na stejném místě. Označení jednotlivých senzorů je uvedeno v Tabulce 1. Data byla bezdrátově přenášena do počítače. Senzory se skládají z akcelerometrů a gyroskopů, tudíž jsou získaná data hodnoty zrychlení ve směru osy x, y a z. Data, která mi byla poskytnuta, jsou uložena v souboru s koncovkou txt .

Tabulka 1: Označení senzorů

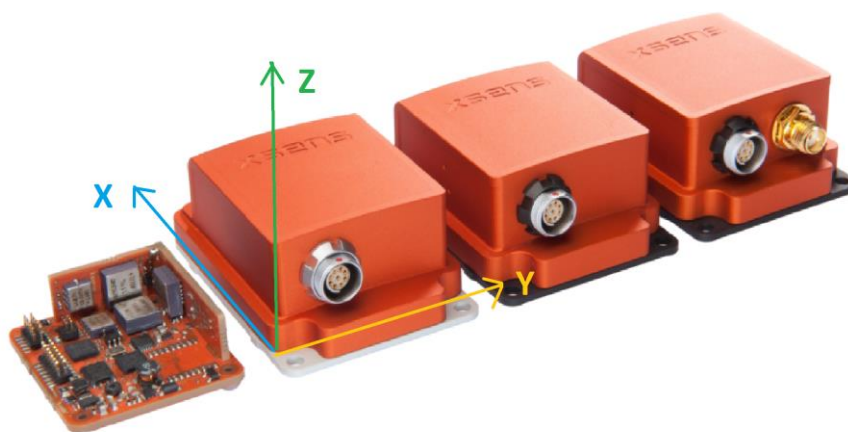
Zkratka senzoru	Softwarové označení	Umístění na těle
LHK	00326356	levá horní končetina
PHK	00326359	pravá horní končetina
LDK	00326357	levá dolní končetina
PDK	00326358	pravá dolní končetina
H	00326360	hrudník

### 3.3 Popis senzorů

Každý senzor má své softwarové označení, které je zapsáno v Tabulce 1. Každý jednotlivý senzor byl vždy umístěn na stejné místo, aby se lépe orientovalo v datech. V Tabulce 1 je uvedena zkratka senzoru, softwarové označení a umístění na těle subjektu.



Senzor se skládá z akcelerometru, gyroskopu a magnetometru. Senzor zaznamenává data ve třech směrech souřadnicového systému. Výstupními daty ze senzorů jsou hodnoty akcelerace, orientace v prostoru a poloha vzhledem k magnetickému poli.

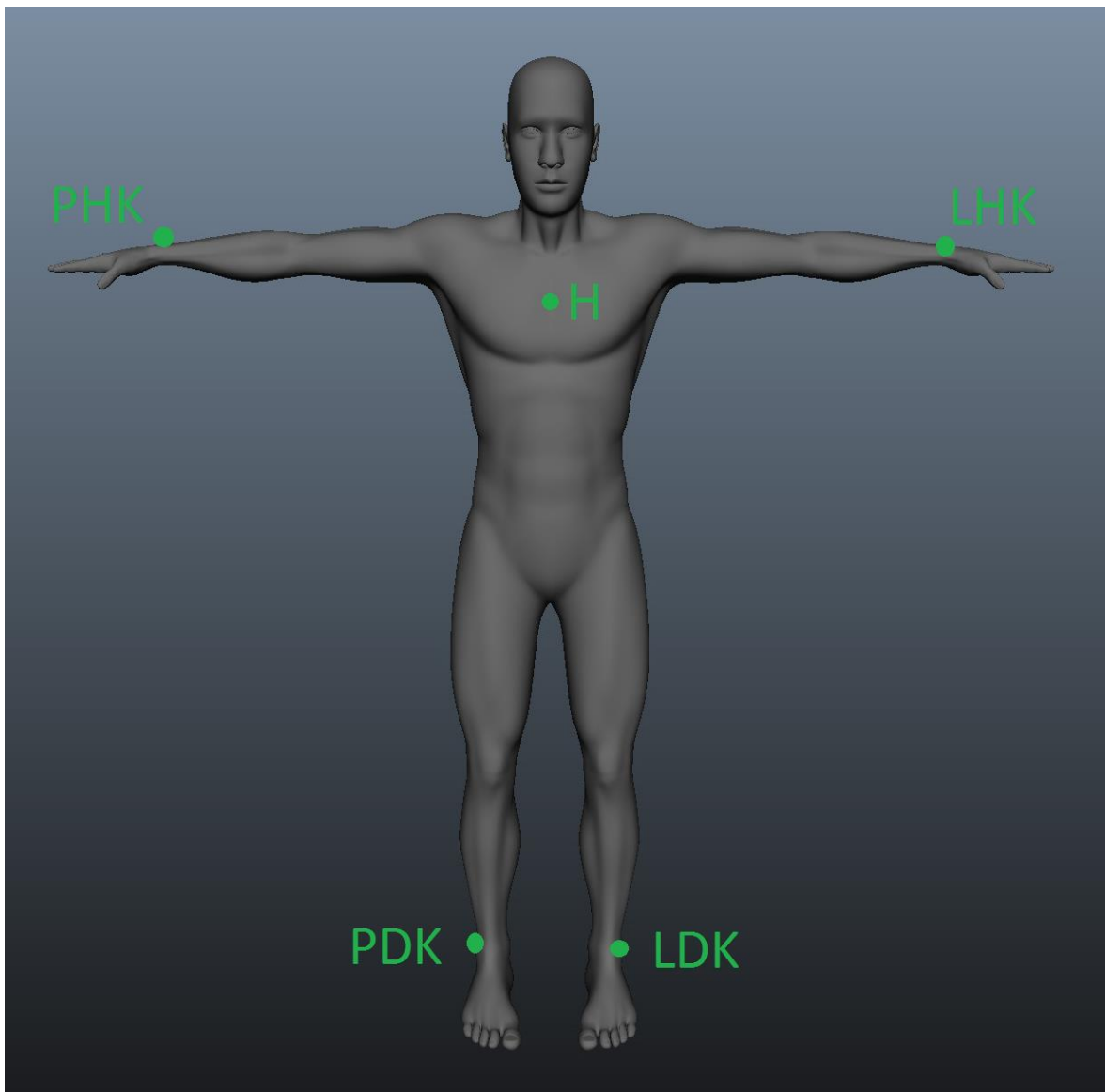


Obr. 3.1: Nahoře – obrázek systému XbusMaster a senzory firmy Xsens převzato z [27] , dole – senzor a barevně vyznačené osy převzato z [28]

### 3.4 Umístění senzorů

Senzory používané při měření se na těla subjektů upevňují pomocí speciálních pásků (viz. Obr. 3.1). Jelikož jsou senzory malé a lehké, je nutné je řádně připevnit, aby nedošlo během měření k jejich posunutí nebo upadnutí.

Je velice důležité, aby byly senzory na těle umístěné ve správné pozici. Pokud by byly senzory vychýlené v sagitální rovině, došlo by ke zkreslení celého měření. Výsledky by v tomto případě byly neplatné.

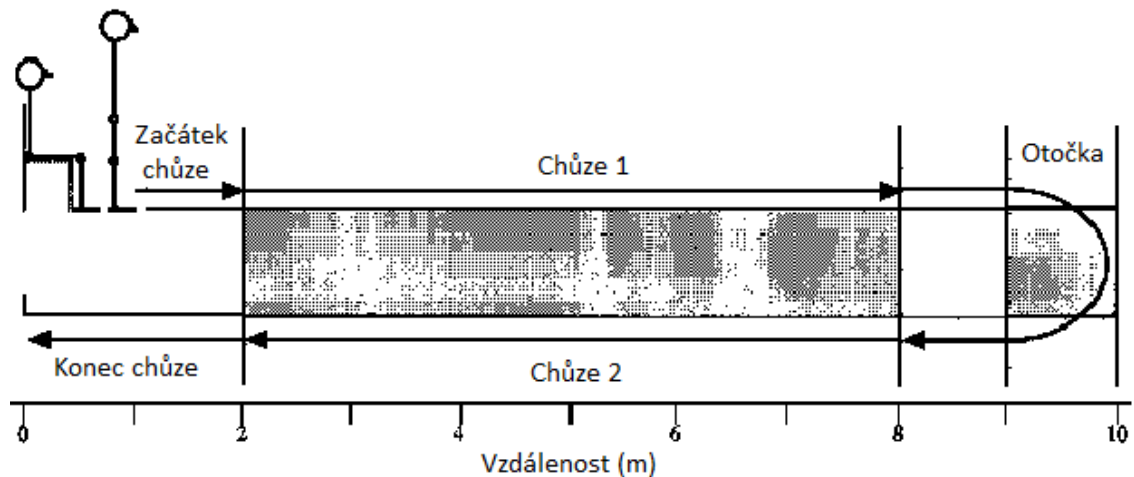


Obr. 3.2: Rozmístění senzorů na těle subjektu, vysvětlení zkratk: H – hrudník, PHK – pravá horní končetina, LHK – levá horní končetina, PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, převzato a upraveno z [29]

### 3.5 Test pohyblivosti

Všechna data byla získána při TUG (Time Up and Go) testu. Během tohoto testu se měří doba, kdy pacient vstane z křesla, přejde určenou vzdálenost, otočí se, přejde zpět ke křeslu a opět se posadí.

TUG test je používán k hodnocení fyzického stavu pacientů s Parkinsonovou chorobou. Hodnotí se mobilita a stabilita pacienta. Před zahájením testu se spustí záznam. Na začátku testu sedí subjekt na židli (zády opřený o opěradlo, paže volně složené v klíně nebo položené na opěrkách). Na pokyn lékaře je test zahájen. Subjekt se zvedá ze židle, jde svým tempem chůze standardní vzdálenost. Standardní vzdálenost je 3 metry a je jasně označena. Následuje otočka o 180 stupňů. Poté jde subjekt zpět k židli a sedne si. V okamžiku, kdy subjekt sedí v klidu na židli, je test ukončen.



Obr. 3.3: Time Up and Go test, převzato z [30]

#### Průběh měření

Každý vyšetřovaný subjekt si test pohyblivosti mohl vyzkoušet nanečisto. Následně byl subjekt vyzván k realizaci skutečného testu. Každé jednotlivé měření bylo zahájeno pokynem lékaře a ukončeno dosednutím subjektu na židli. Měření bylo opakováno dvakrát, první měření je označeno jako Měření 1, druhé měření je označeno jako Měření 2. Od referenční skupiny jsme získali dvě sady dat. Od pacientů s Parkinsonovou chorobou máme čtyři sady dat, jelikož se měření zúčastnili ve dvou fázích. V první fázi se subjekty podrobili testu bez dlouhodobějšího užívání medikamentů. V této fázi jsme získali první dvě sady dat. S časovým odstupem byla provedena druhá fáze, a to měření po medikaci. Ve druhé fázi jsme získali další dvě sady dat.

## **Výstupní data**

Výstupní data obsahovala třírozměrné hodnoty z akcelerometrů, magnetometrů a gyroskopů. Jelikož měření probíhalo v delším časovém úseku, nebylo možné zajistit soudržnost veškerých dat.

## **Zpracování dat**

Všechna výstupní data byla prověřena a neplatná měření byla z dalšího zpracování vyřazena. Ze souboru dat byly vyřazeny celkem tři sady dat. Sady byly vyřazeny z důvodu chybného nahrání dat.

Data byla pro přehlednost rozdělena do skupin podle umístění senzorů na těle subjektů (horní končetiny, dolní končetiny, trup). Dalším důvodem rozdělení dat byla snazší práce s daty při výpočetních úkonech. Takto rozdělená data je zapotřebí převést z textového formátu do jiného. Bez převedení dat by bylo komplikované s nimi dále pracovat v programu Matlab. Pro usnadnění práce byla data převedena.

## **Předzpracování**

Data byla z textového souboru převedena za pomoci jednoduchého algoritmu do souboru, se kterým lze dále pracovat v programu Matlab.

Dalším krokem předzpracování je převedení akcelerace za souřadného systému akcelerometru do souřadného systému Země. Převod na zemský souřadnicový systém byl uskutečněn za pomoci jednoduchého algoritmu.

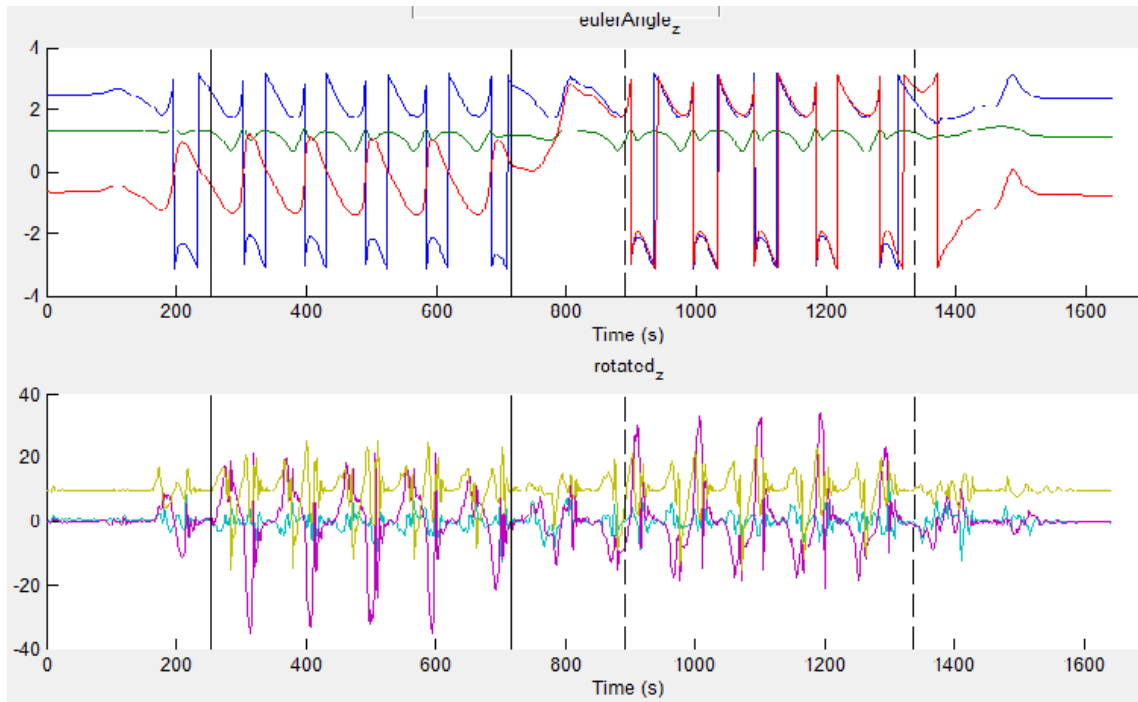
Matice zrychlení v jednotlivých osách byla vynásobena rotační maticí, která je uvedena v odstavci Kvaterniony.

Data upravená tímto způsobem budou sloužit jako vstupní data pro všechny další výpočty (HE, ApEn).

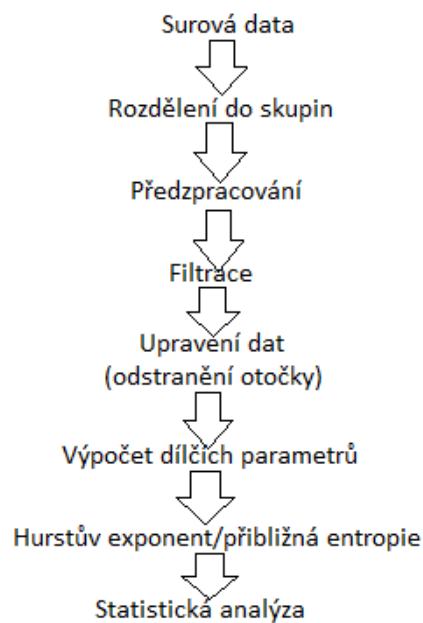
## **Odstranění otočení subjektu**

Z připravených dat je nutné odstranit otočení měřeného subjektu o 180 stupňů při TUG testu. Odstranění otočky je zásadní pro výpočet Hurstova exponentu a přibližné entropie. Pro úpravu dat bylo použito GUI rozhraní. Otočka byla odstraněna na základě vizuálního odhadu (Obrázek 3.4). Tato část dat byla odstraněna u všech naměřených souborů. Takto upravená data byla rozdělena na dvě části a uložena jako TAM a ZPĚT.

Data uložená jako TAM jsou hodnoty akcelerací naměřené během TUG testu před otočkou, ZPĚT jsou akcelerometrická data naměřená po otočení subjektů.



Obr. 3.4: Ukázka odstranění otočky subjektu s načtenými hodnotami Eulerových úhlů – horní graf a akcelerace pro x, y, z – spodní graf



Obr. 3.5: Vývojový diagram použitého postupu při řešení

## Výpočet Hurstova exponentu

Hurstův exponent lze získat několika způsoby. V této práci jsem si zvolila odhad exponentu na základě R/S analýzy. Postup při R/S analýze je následující:

- Je dána časová řada hodnot  $x_1, x_2, \dots, x_N$  registrovaných v časech  $t = 1, 2, \dots, N$ ; vzniká tedy  $N-1$  časových intervalů délky 1
- Rozdělíme celou časovou řadu na  $m$  sousedních nepřekrývajících se intervalů délky  $n$ , takže  $N = m n$
- Pro každý interval vypočteme průměrnou hodnotu

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

- Pro každý interval utvoříme časovou řadu kumulovaných odchylek od průměrné hodnoty

$$z_{kj} = \sum_{i=1}^k (x_{ij} - \bar{x}_j) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

- Pro každý interval vypočteme
  - Rozpětí kumulovaných odchylek od průměrné hodnoty

$$R_j = \max(z_{kj}) - \min(z_{kj}) \geq 0 \quad (12)$$

- Směrodatnou odchylku

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (13)$$

- Standardizované rozpětí

$$R_j / s_j \quad (14)$$

- Průměrná hodnota R/S pro interval délky  $n$  je potom

$$(R/S)_n = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (R_j / s_j) \quad (15)$$

Hurst předpokládal obecný typ závislosti poměru R/S na čase ve tvaru

$$(R/S)_n = C n^H, \quad (16)$$

kde  $C$  je konstanta a  $H$  je Hurstův exponent.

Hodnotu Hurstova exponentu odhadneme pomocí logaritmické regrese.

$$\log(R/S)_n = \log C + H \log n \quad (17)$$

Jako vstupní data pro výpočet Hurstova exponentu poslouží upravená akcelerometrická data. Data byla rozdělena na základě jejich délky do několika intervalů.

K výpočtu Hurstova exponentu byl použit již vytvořený algoritmus v Matlabu, jehož autorem je Chu Chen. [31]

### Výpočet přibližné entropie

Výpočet přibližné entropie se skládá ze dvou následujících kroků:

$$C_i^m(r) = \frac{1}{N-m+1} [ |p_m(j) - p_m(i)| < r ], \quad (18)$$

kde  $C_i^m$  označuje pravděpodobnost objevení sekvence,  $N$  je délka vstupních dat,  $m$  je pevně stanovený počet předchůdců a  $r$  je kritérium podobnosti.

Následně se vypočítá hodnota přibližné entropie ( $ApEn$ ), která má tři již zmíněné vstupní parametry  $N$ ,  $m$  a  $r$ .

$$ApEn(N, m, r) = (N - m + 1)^{-1} \sum_{i=1}^{N-(m-1)} \ln C_i^m(r) - (N - m)^{-1} \sum_{i=1}^{N-m} \ln C_i^{m+1}(r) \quad (19)$$

K výpočtu přibližné entropie byl použit již vytvořený algoritmus v Matlabu, jehož autorem je Avinash Parnandi. [32]

### Výpočet dílčích parametrů

Pro výpočet přibližné entropie je nezbytné předem určit vstupní parametr  $m$  a vypočítat vstupní parametr  $r$ . Pro parametr  $m$  jsem zvolila hodnotu 2, kterou jsem vyčetla z literatury jako ideální hodnotu dle Pincuse. Vstupní parametr  $r$  jsem vypočítala jako směrodatnou odchylku akcelerometrických dat v rozmezí 15-25% vypočítané hodnoty. Po provedení výpočtu jsem pro parametr  $r$  zvolila hodnotu 1,5.

## **Statistická analýza**

Vypočítané hodnoty byly podrobeny statistickému zhodnocení v programu Matlab. Pro zpracování dat byly zvoleny dva testy na základě vstupních dat. Byl zvolen párový a nepárový t-test, hladina významnosti, dále byly definovány nulové a alternativní hypotézy. Pro vyhodnocení vypočítaných hodnot byla zvolena hladina významnosti 0,05 a 0,1. Vypočítané hodnoty t-testů byly porovnány s krajní hodnotou, poté byla schválena/neschválena nulová hypotéza a vyjádřeno rozhodnutí.

## **Hypotézy**

Hypotéza 1: Při porovnání kontrolní skupiny a pacientů bez medikace, pacientů s medikací a bez medikace bude viditelný rozdíl mezi jejich hodnotami Hurstova exponentu/přibližné entropie.

Hypotéza 2: Podobné hodnoty Hurstova exponentu/přibližné entropie bude mít kontrolní skupina a pacienti s medikací.



## 4 Výsledky

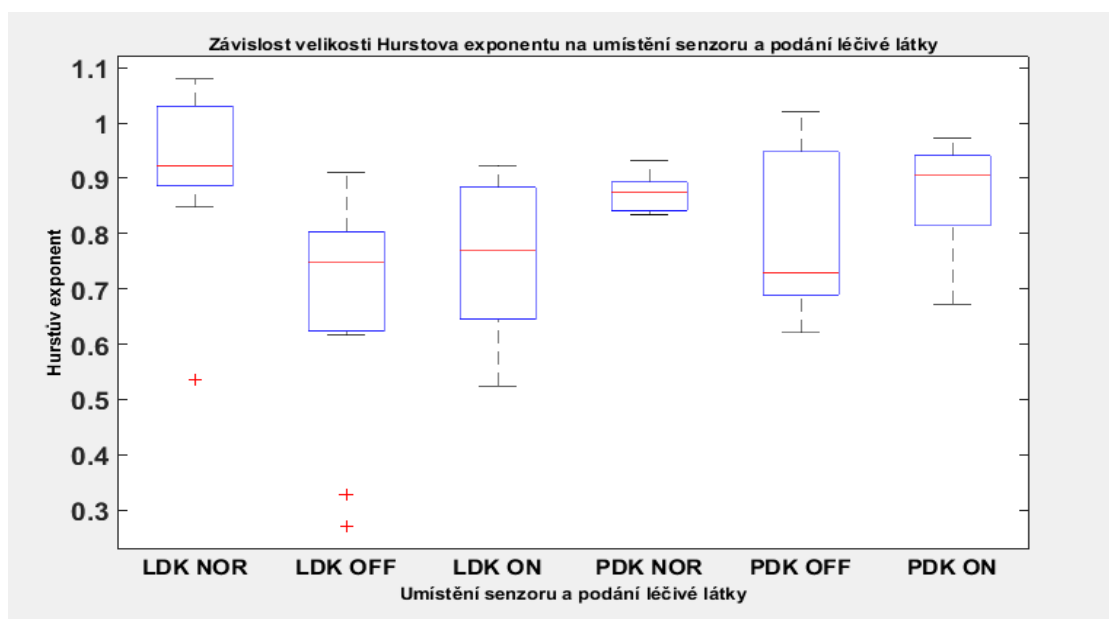
Zabývali jsme se vyhodnocením hodnot Hurstova exponentu a přibližné entropie, které byly vypočítány z dat naměřených za pomoci akcelerometrů u referenční skupiny, pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace a pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací. Na změně těchto parametrů jsme pozorovali vliv předepsaných léčiv. Na základě těchto získaných dat jsme byli schopni rozlišit kontrolní skupinu a pacienty s Parkinsonovou chorobou bez medikace a s medikací.

### 4.1 Hurstův exponent

Vyhodnocení probíhalo na základě Hurstova exponentu pro data, ze kterých byla odstraněna otočka subjektu v polovině TUG testu. Data byla hodnocena před otočením a po otočení subjektu.

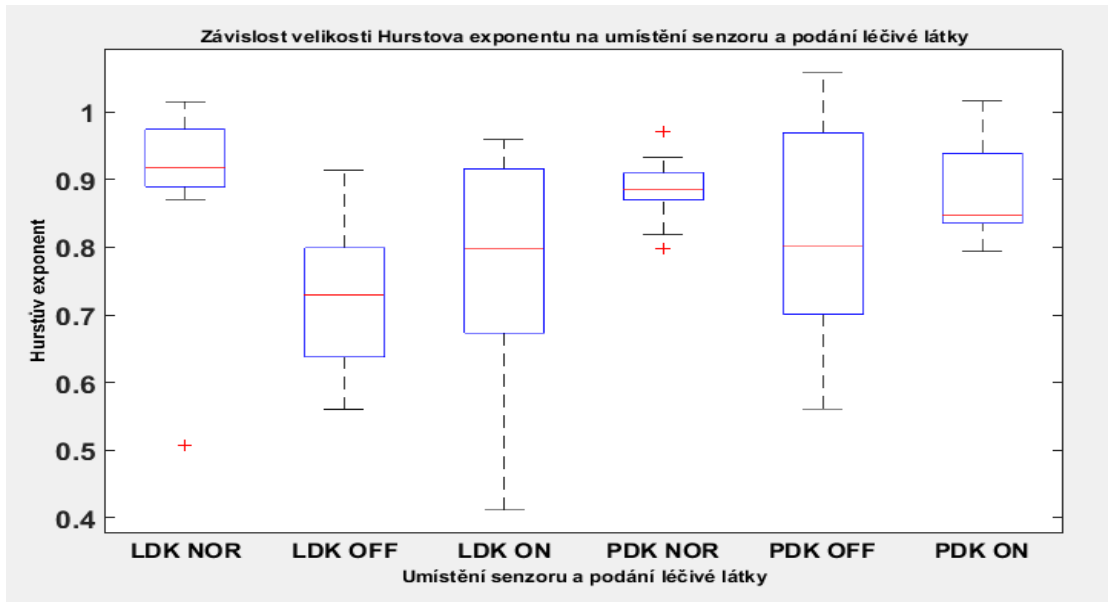
Na Obr. 4.1 až 4.12 jsou znázorněny hodnoty získané od kontrolní skupiny, pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace a pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací. Na všech obrázcích červená úsečka označuje hodnoty mediánů jednotlivých skupin. Modrý obdélník značí 25 - 75 % všech hodnot, které se nachází v tomto rozmezí. Křížek označuje extrémní hodnoty a černé úsečky značí minimum a maximum hodnot.

Na Obr. 4.1 lze vidět hodnotu mediánu pro kontrolní skupinu, který nabývá hodnoty přibližně 0,91 pro levou a 0,89 pro pravou dolní končetinu. Hodnota mediánu u levé dolní končetiny značně převyšuje hodnotu mediánu u pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací i bez medikace. Po podání léčiva se hodnota mediánu u pacientů s Parkinsonovou chorobou značně zvýšila.



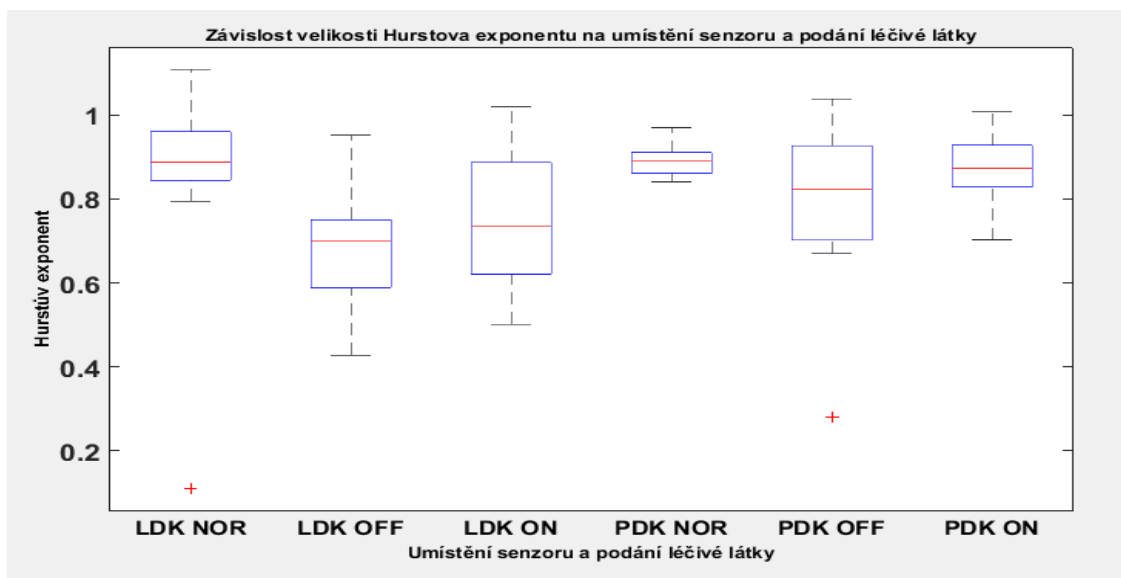
Obr. 4.1: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, TAM

Z Obr. 4.2 je patrné, že po podání léčivé látky dochází ke zvýšení hodnoty mediánu Hurstova exponentu. U pravé dolní končetiny dochází k nárůstu Hurstova exponentu z hodnoty 0,8 u pacientů bez medikace na hodnotu 0,85 u pacientů s medikací. U levé dolní končetiny dochází k nárůstu z hodnoty 0,75 na 0,8. Kontrolní skupina má hodnoty exponentu 0,89 na pravé dolní končetině a 0,91 na levé dolní končetině.



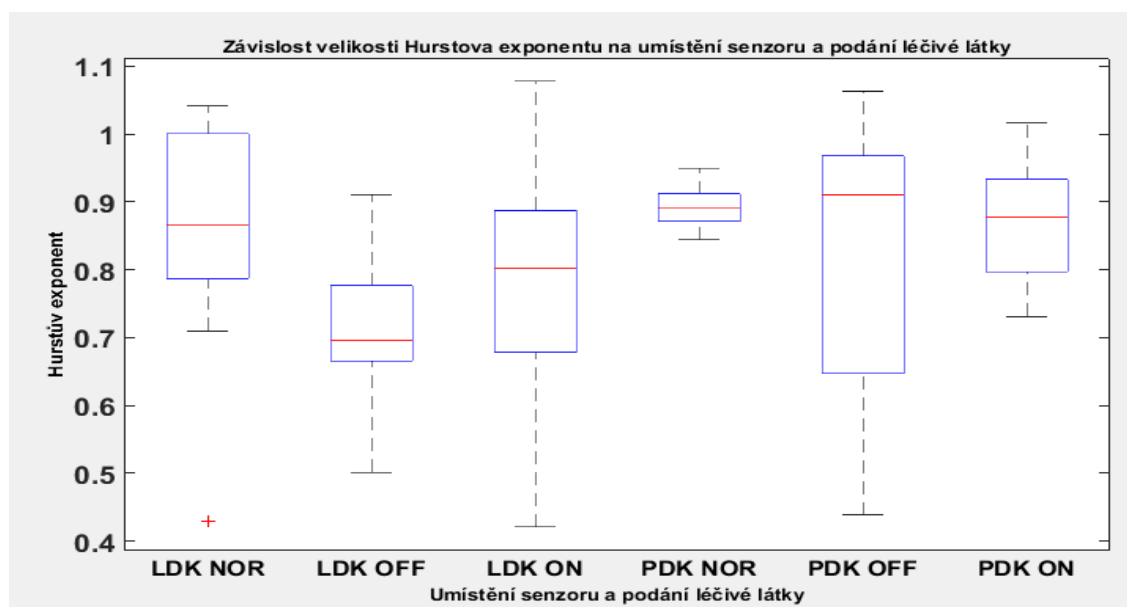
Obr. 4.2: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, ZPĚT

Na Obr. 4.3, kde je znázorněno druhé měření chůze TAM v ose x, lze vidět rozdíl mezi kontrolní skupinou a skupinou pacientů s Parkinsonovou chorobou. Hodnota mediánu kontrolní skupiny pro pravou dolní končetinu nabývá hodnoty 0,9 a 0,89 pro levou. U pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace dosahuje medián hodnoty 0,7 pro levou dolní končetinu a 0,8 pro pravou. U měření provedeného po podání medikamentů dochází ke zvýšení mediánu Hurstova exponentu u levé končetiny na hodnotu 0,75 a u pravé na 0,85.



4.3 Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, TAM

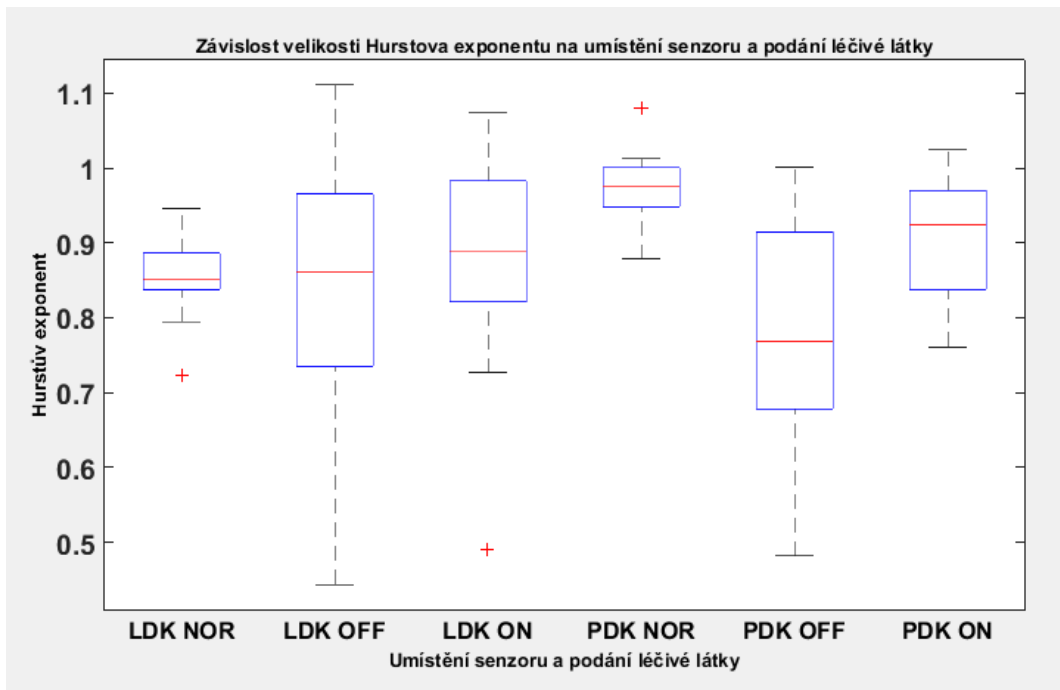
Na Obr. 4.4 můžeme vidět, že u pravé dolní končetiny pacientů s Parkinsonovou chorobou je vyšší hodnota exponentu před podáním léčiva. Hodnota exponentu kontrolní skupiny je nižší než hodnota pacientů s Parkinsonovou chorobou před medikací. Hodnota těchto dvou skupin se liší přibližně o 0,1. U levé dolní končetiny má nejvyšší hodnotu mediánu kontrolní skupina. Nejnížší hodnotu má naopak skupina pacientů bez medikace.



Obr. 4.4: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, ZPĚT

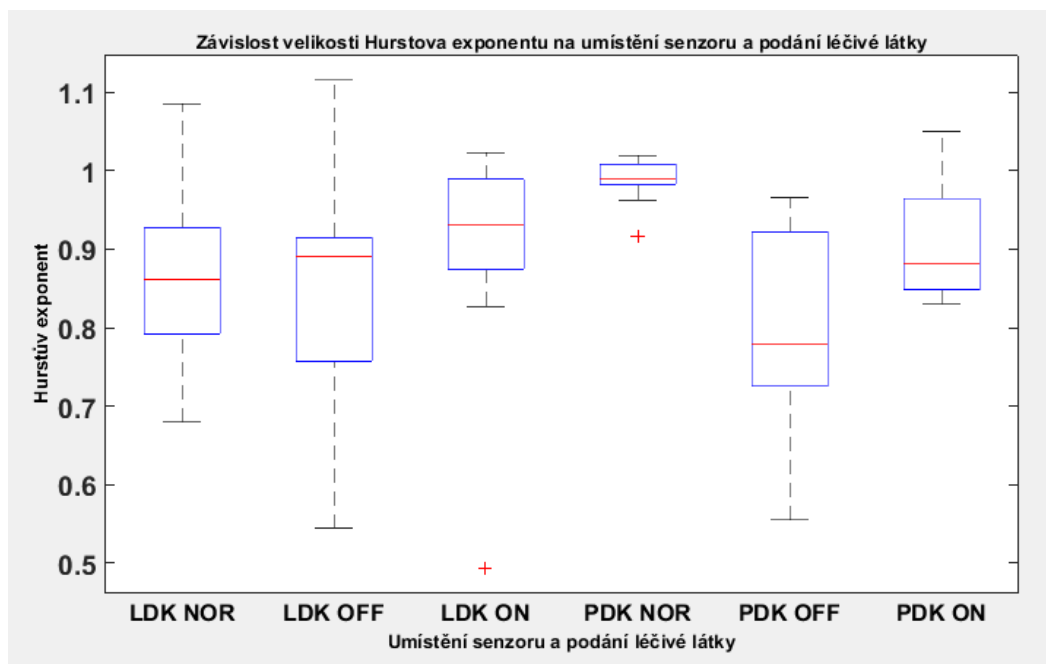
Na třech grafech ze čtyř je vidět změna hodnoty Hurstova exponentu v ose x po požití léčivé látky. Kontrolní skupina má nejnížší hodnotu mediánu pro pravou a levou dolní končetinu 0,86 a nejvyšší 0,92. U pacientů bez medikace je nejnížší hodnota mediánu 0,7 a nejvyšší 0,9. U pacientů s medikací nabývá medián nejnížší hodnoty 0,7 a nejvyšší 0,9.

Obr. 4.5 prezentuje první měření v ose y během chůze TAM. Medián u kontrolní skupiny nabývá hodnot 0,85 pro levou dolní končetinu a 0,99 pro pravou. Hladina mediánu se u pacientů s Parkinsonovou chorobou zvyšuje po podání léčiva.



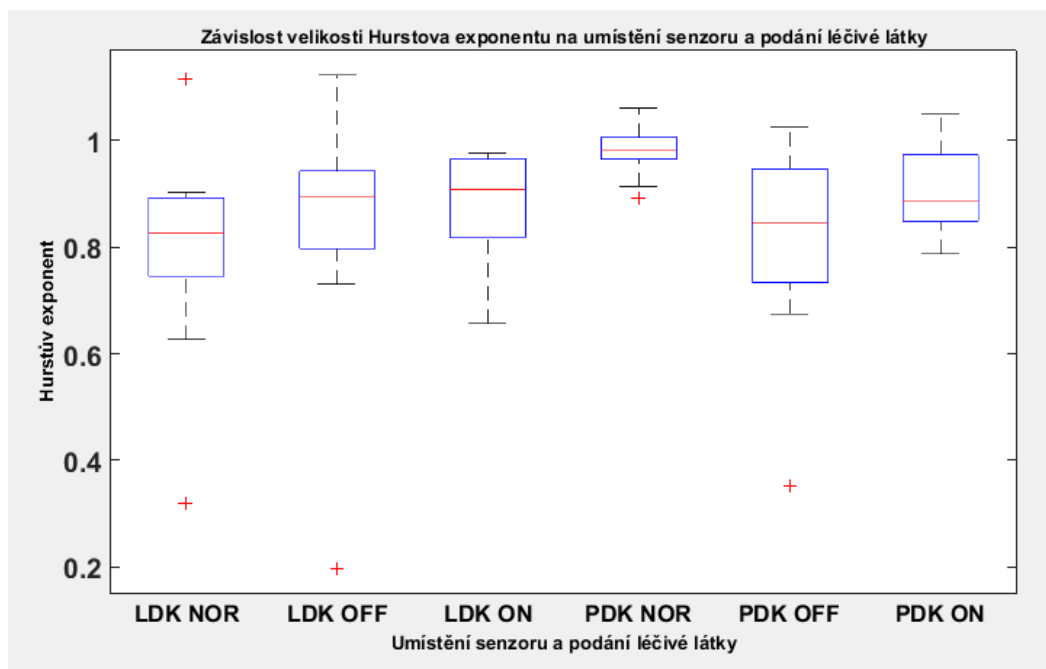
Obr. 4.5: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, TAM

Obr. 4.6 představuje velikost Hurstova exponentu pro data vypočítaná v ose y. Nejvyšší hodnotu mediánu má kontrolní skupina na pravé dolní končetině a má hodnotu 0,98. U pacientů s Parkinsonovou chorobou dochází ke zvýšení hladiny exponentu po podání medikamentů. Nejnižší hodnotu mediánu má skupina pacientů bez medikace.



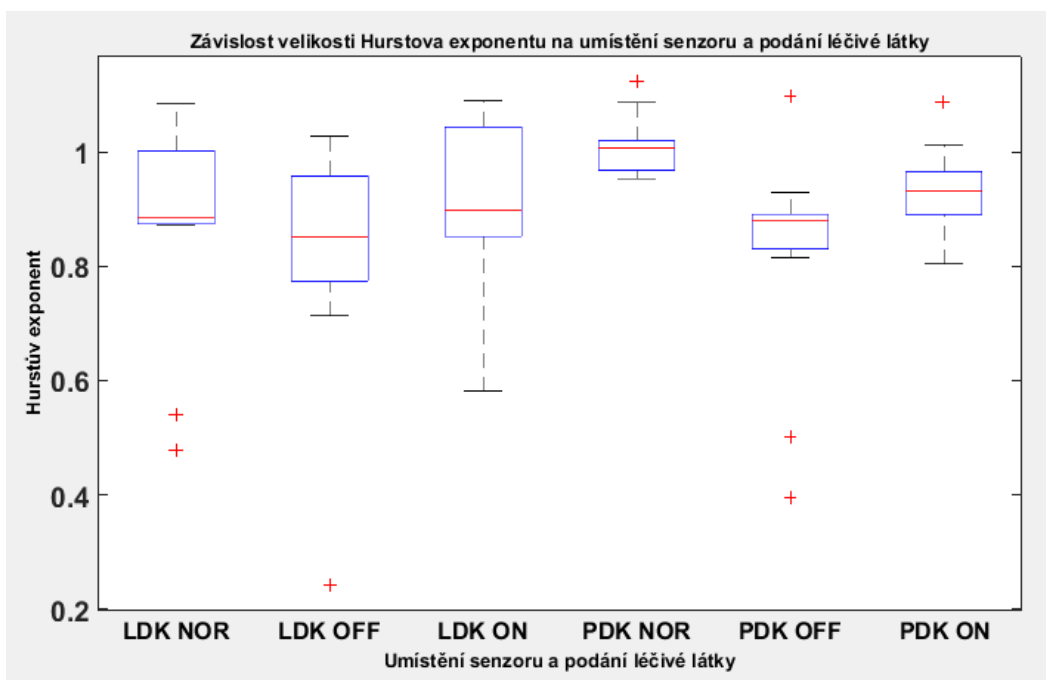
Obr. 4.6: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, ZPĚT

Na Obr. 4.7 má nejvyšší hodnotu mediánu kontrolní skupina. Medián kontrolní skupiny má hodnotu asi 0,99. Po podání medikamentů dochází ke zvýšení hladiny mediánu pacientů s Parkinsonovou chorobou. U kontrolní skupiny se projeví dvě extrémní hodnoty.



Obr. 4.7: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, TAM

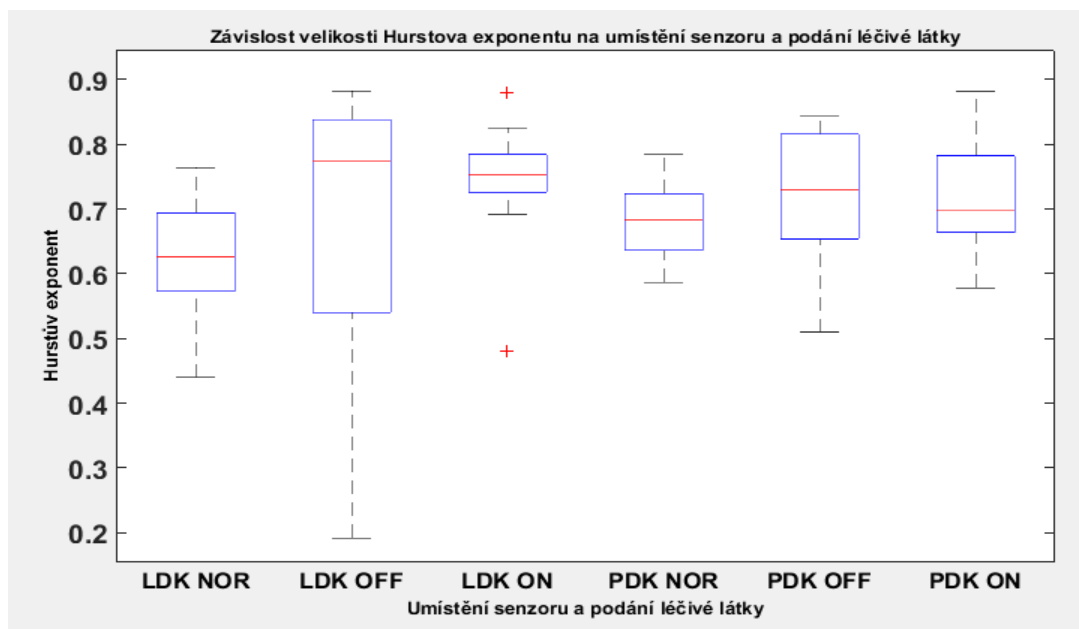
Na Obr. 4.8 jsou viditelné mnohé extrémní hodnoty, které se výrazně liší od ostatních hodnot. Po užití medikamentů dochází ke zvýšení hladiny mediánu u pravé i levé dolní končetiny.



Obr. 4.8: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, ZPĚT

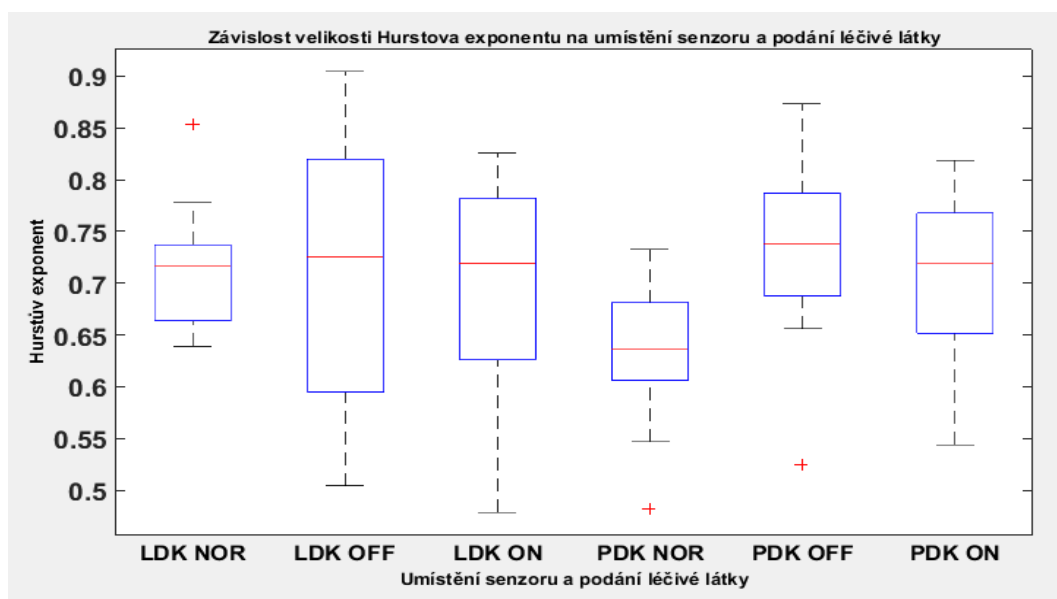
Na všech grafech pro osu y můžeme sledovat změnu hladiny mediánu u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Ve všech případech došlo ke zvýšení hodnoty mediánu.

Obr. 4.9 prezentuje hodnoty Hurstových exponentů v ose z. U pacientů s Parkinsonovou chorobou má podání léčiva opačný efekt než v předchozích případech. Po užití medikamentů se snižuje hodnota mediánu Hurstova exponentu.



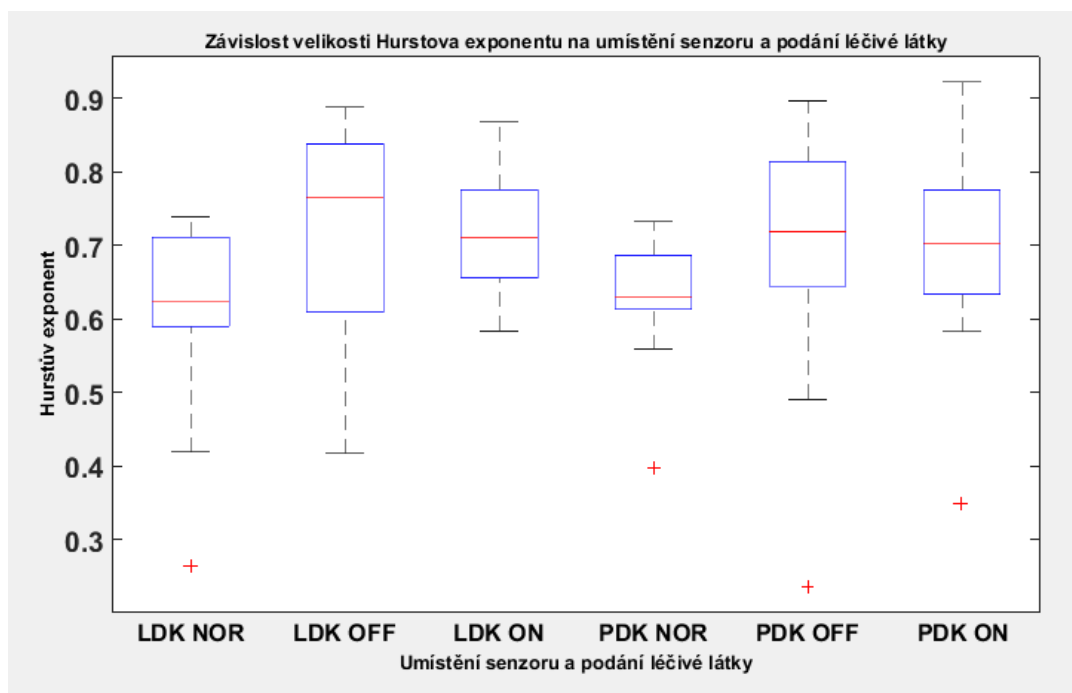
Obr. 4.9: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, TAM

Na Obr. 4.10 má nejvyšší hodnotu mediánu skupina pacientů po podání léčiva a nabývá hodnoty blízké se 0,75. Hurstův exponent má největší rozpětí hodnot ve skupině pacientů s Parkinsonovou chorobou bez podání léčiv u levé dolní končetiny.



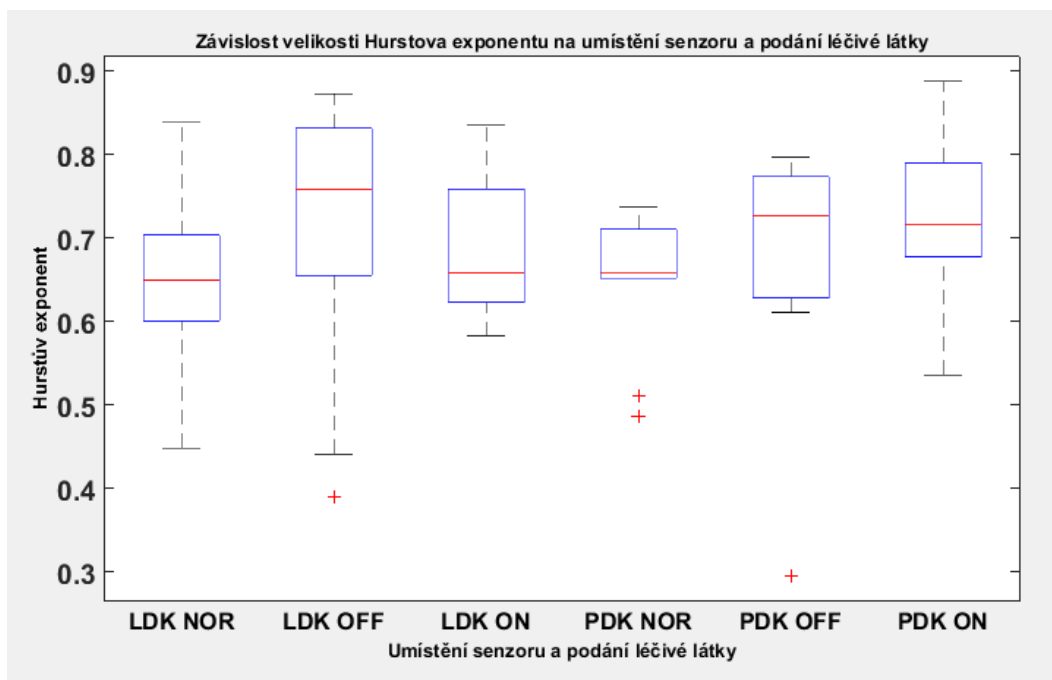
Obr. 4.10: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, ZPĚT

Z Obr. 4.11 je patrné, že po užití medikamentů se hodnota mediánu snižuje. Hodnota mediánů kontrolní skupiny je nejnižší ze všech tří skupin.



Obr. 4.11: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, TAM

Nejvyšší hodnoty mediánu dosahuje skupina pacientů bez medikace a dosahuje hodnoty 0,76. Nejnižší hodnotu má medián kontrolní skupiny. Můžeme sledovat vliv léčby na vývoj onemocnění.



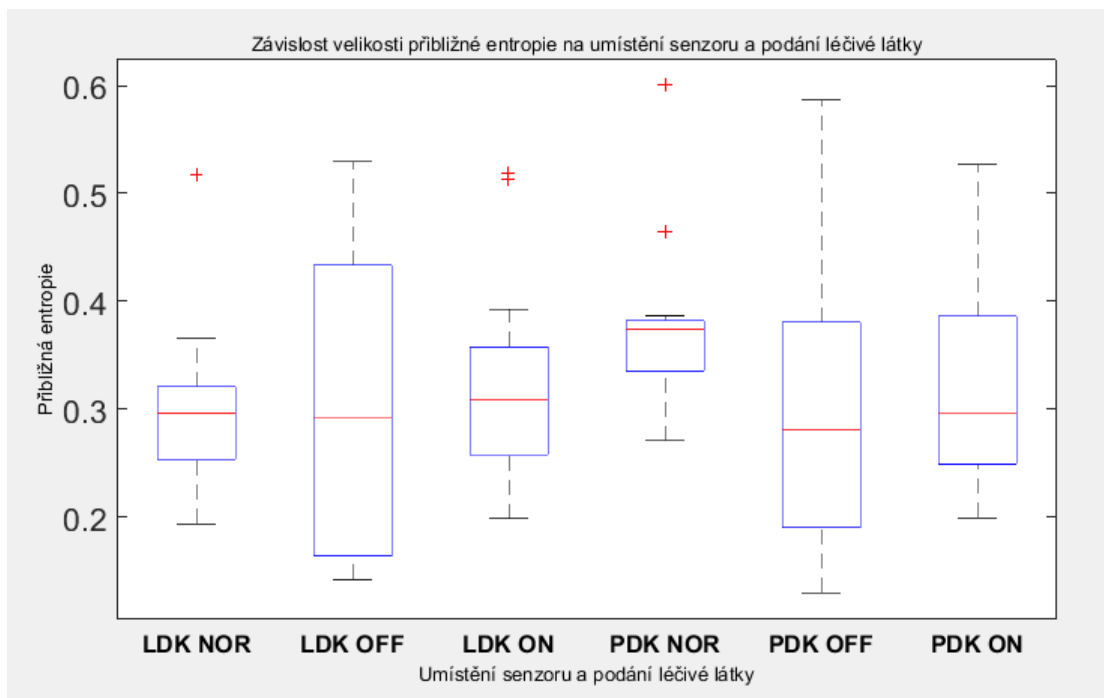
Obr. 4.12: Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, ZPĚT

## 4.2 Přibližná entropie

Vyhodnocení probíhalo na základě přibližné entropie pro data, ze kterých byla odstraněna otočka subjektu v polovině TUG testu. Data byla hodnocena před samotným otočením subjektu (TAM) a následně po jeho otočení (ZPĚT).

Na Obr. 4.13 až 4.24 jsou znázorněny hodnoty získané od kontrolní skupiny, pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace a pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací. Na všech obrázcích červená úsečka označuje hodnoty mediánů jednotlivých skupin. Modrý obdélník značí 25 - 75 % všech hodnot, které se nachází v tomto rozmezí. Křížek označuje extrémní hodnoty a černé úsečky značí minimum a maximum hodnot.

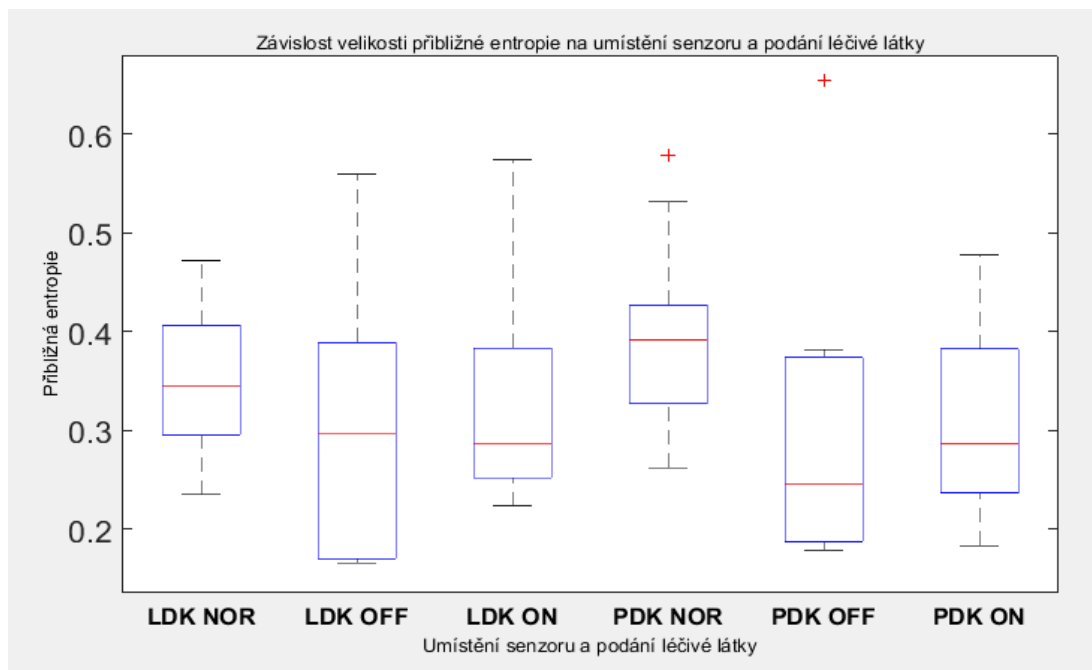
Nejvyšší hodnoty mediánu dosahuje kontrolní skupina, pro pravou dolní končetinu je tato hodnota 0,38 a pro levou 0,3. Největší rozsah hodnot má skupina pacientů bez medikace. Po podání léčiva dochází ke zvýšení hodnoty přibližné entropie.



Obr. 4.13: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, TAM

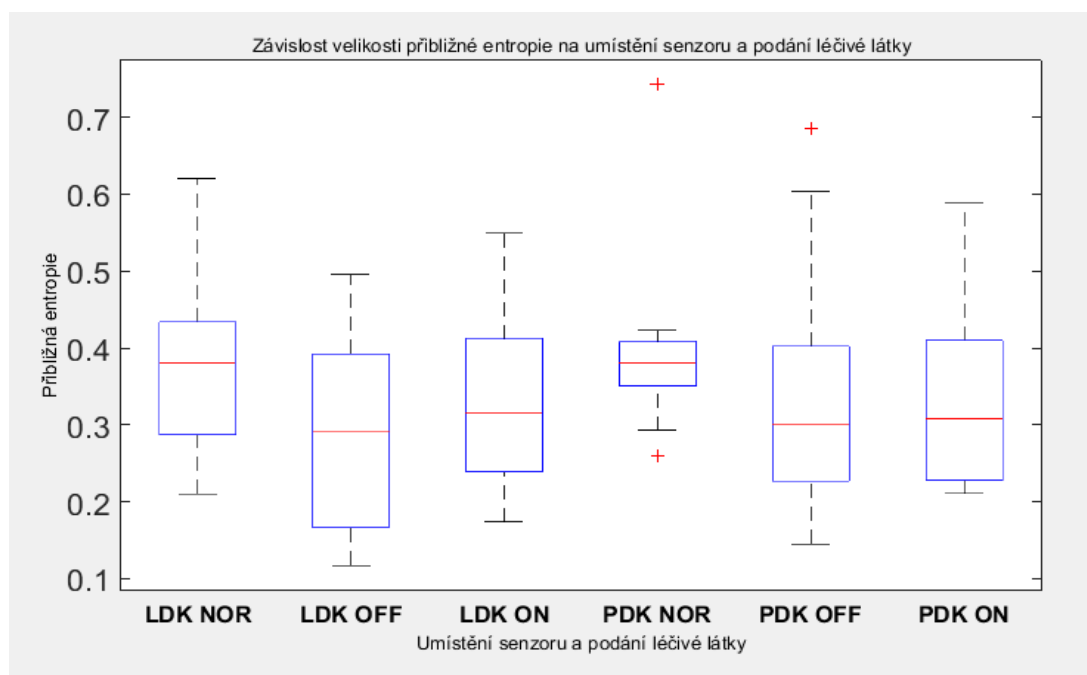


Nejvyšších hodnot mediánu na Obr. 4.14 dosahuje kontrolní skupina. Nejnižší hodnotu má skupina pacientů bez medikace. Tato skupina má zároveň největší rozpětí obsažených hodnot. Na obrázku můžeme vidět, že u pravé dolní končetiny dojde po podání léků ke zvýšení hodnoty mediánu. U levé končetiny došlo naopak ke snížení hodnoty.



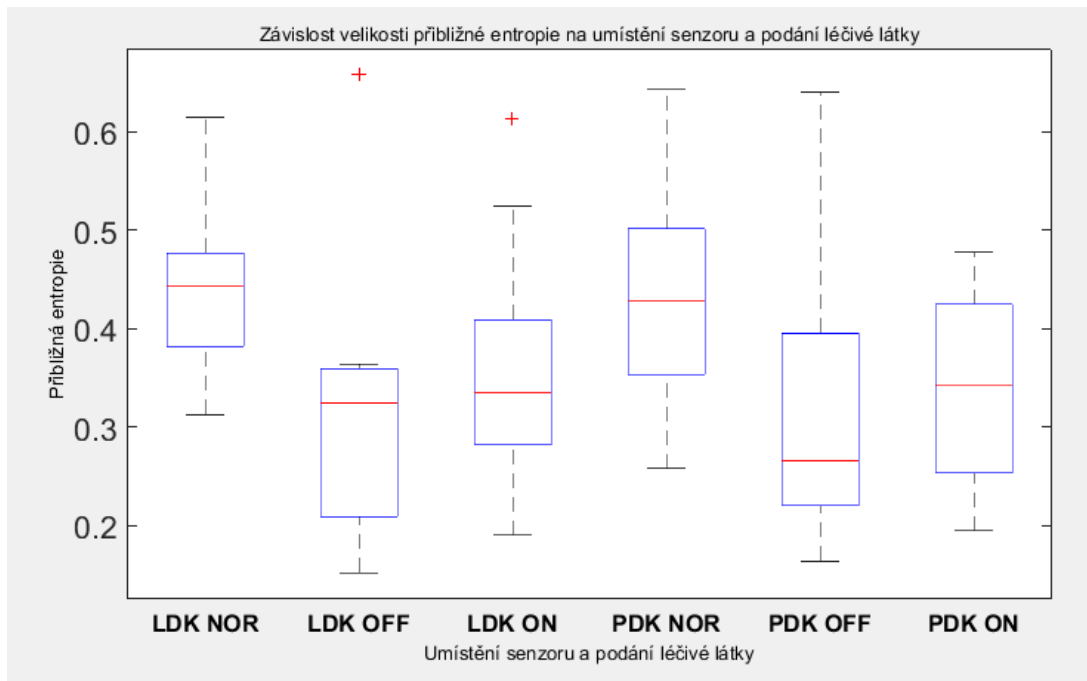
Obr. 4.14: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, ZPĚT

Nejmenší rozpětí hodnot na Obr. 4.15 má kontrolní skupina. Medián této skupiny dosahuje v obou případech hodnoty 0,39. Největší rozpětí hodnot má skupina pacientů bez medikace. Pozorujeme účinek léčby.



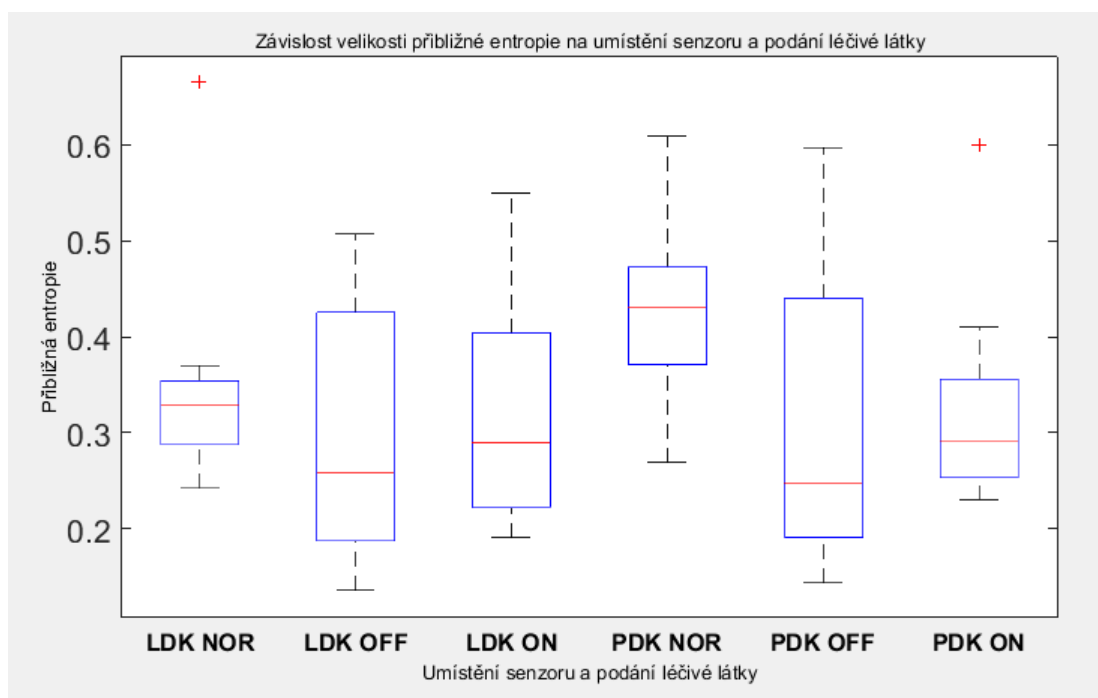
Obr. 4.15: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, TAM

Na tomto obrázku (Obr. 4.16) má nejvyšší hodnotu mediánu kontrolní skupina. Pro levou dolní končetinu má hodnotu asi 0,45 a pro pravou 0,44. Vyskytují se zde dvě extrémní hodnoty u pacientů s medikací a bez medikace.



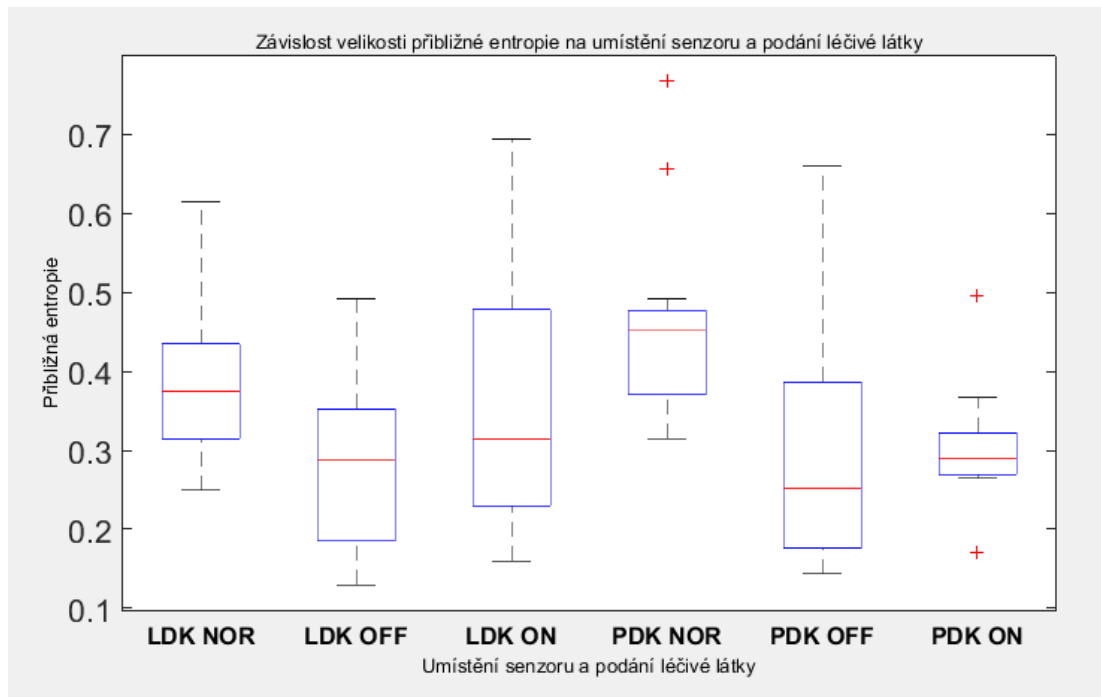
Obr. 4.16: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, ZPĚT

Nejmenší rozpětí dat na Obr. 4.17 má kontrolní skupina, zároveň má tato skupina nejvyšší hodnotu mediánu. Nejmenší hodnotu mediánu má skupina pacientů bez medikace. Po podání léčiva se zvyšuje hladina mediánu.



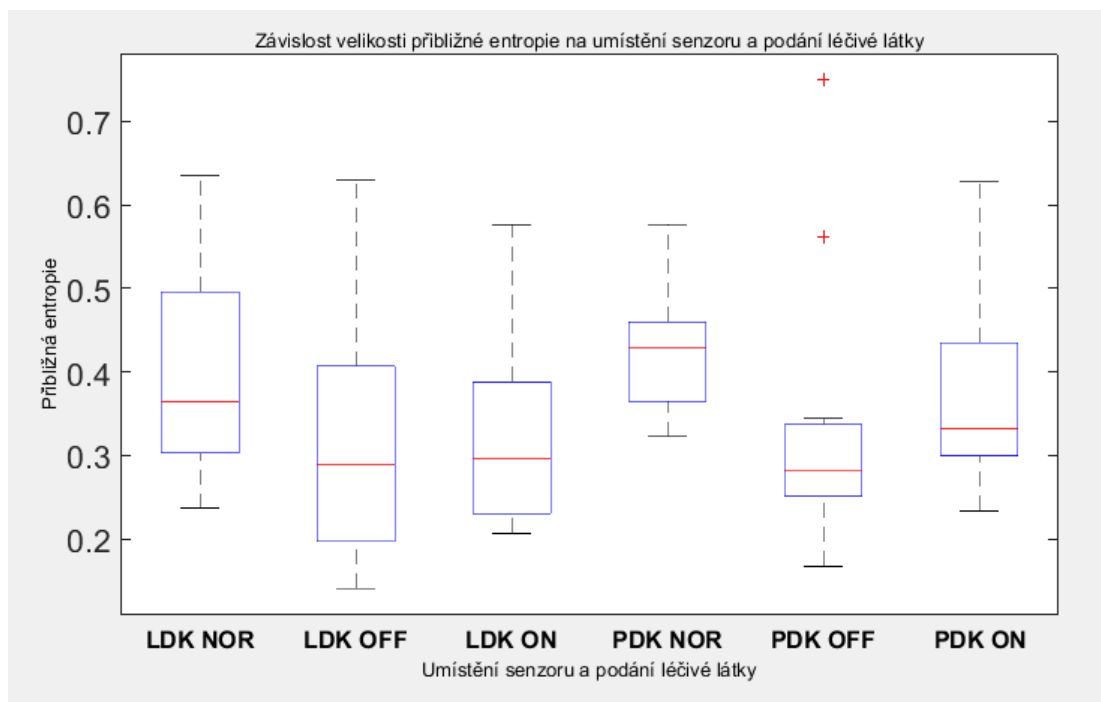
Obr. 4.17: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, TAM

Na tomto obrázku (Obr. 4.18) se nachází několik extrémních hodnot v kontrolní skupině a skupině pacientů s medikací. Nejvyšší hodnotu mediánu má kontrolní skupina. Po užití léčiv se zvýšila hodnota mediánu u pacientů s Parkinsonovou chorobou.



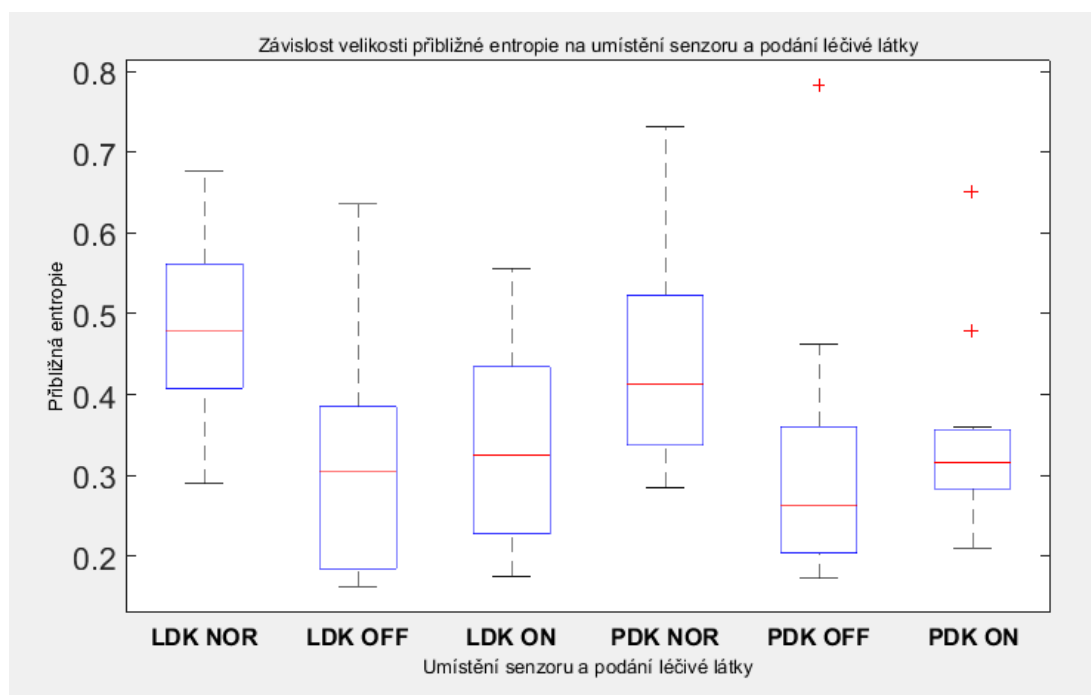
Obr. 4.18: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, ZPĚT

Z Obr. 4.19 je patrné, že po podání léčivé látky dojde ke změně hodnoty mediánu u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Nejnižší hodnotu mediánu má skupina pacientů bez medikace. Kontrolní skupina má nejvyšší hodnotu mediánu.



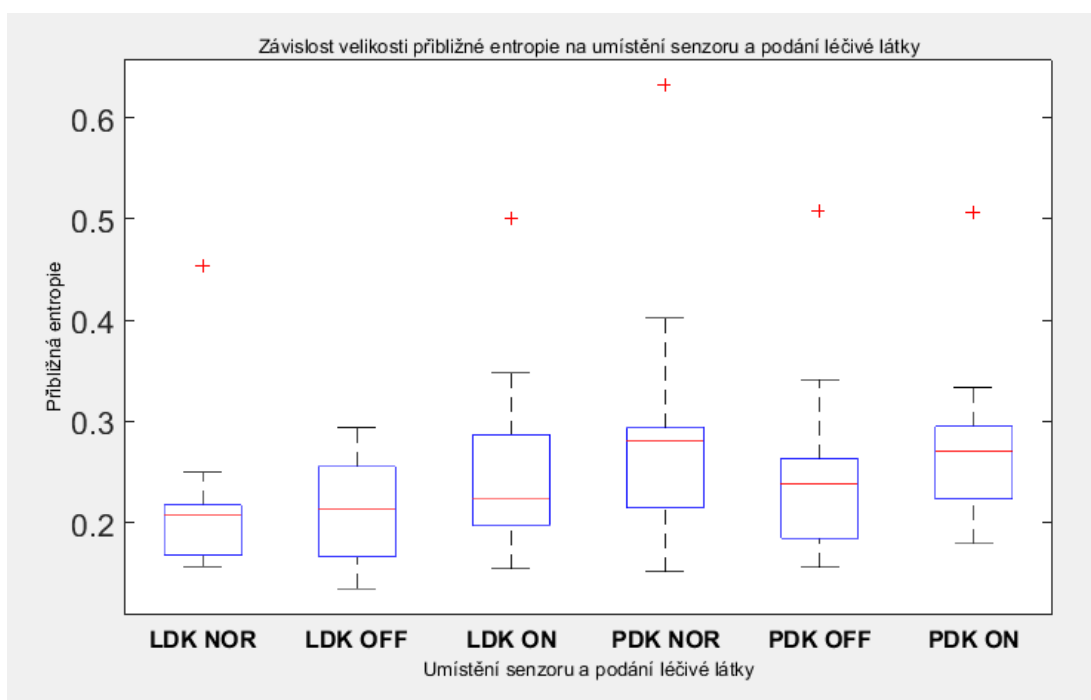
Obr. 4.19: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, TAM

Na Obr. 4.20 můžeme pozorovat změnu hodnoty mediánu po požití léčivé látky. Hodnota přibližné entropie se zvýšila u pravé dolní končetiny z 0,28 na 0,32 a u levé z 0,3 na 0,33. Nejvyšší hodnoty přibližné entropie dosáhla kontrolní skupina.



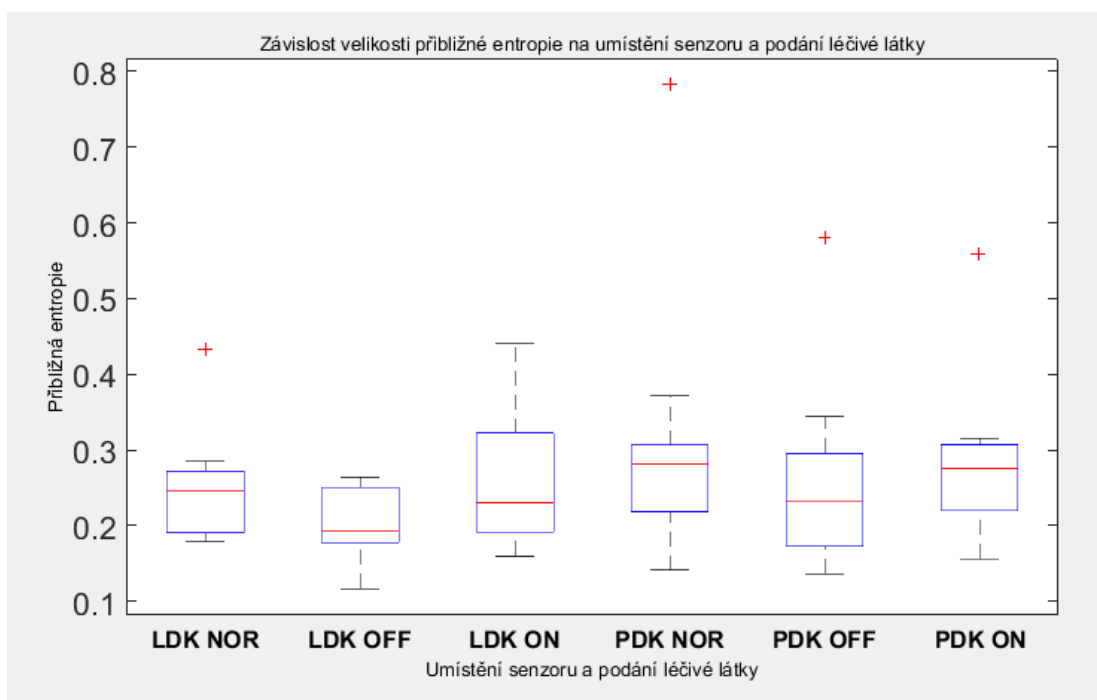
Obr. 4.20: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, ZPĚT

Z tohoto obrázku (Obr. 4.21) je patrné, že hodnota mediánu kontrolní skupiny pro levou dolní končetinu je výrazně nižší než v předchozích případech. Medián u pravé končetiny kontrolní skupiny je nejvyšší ze všech skupin.



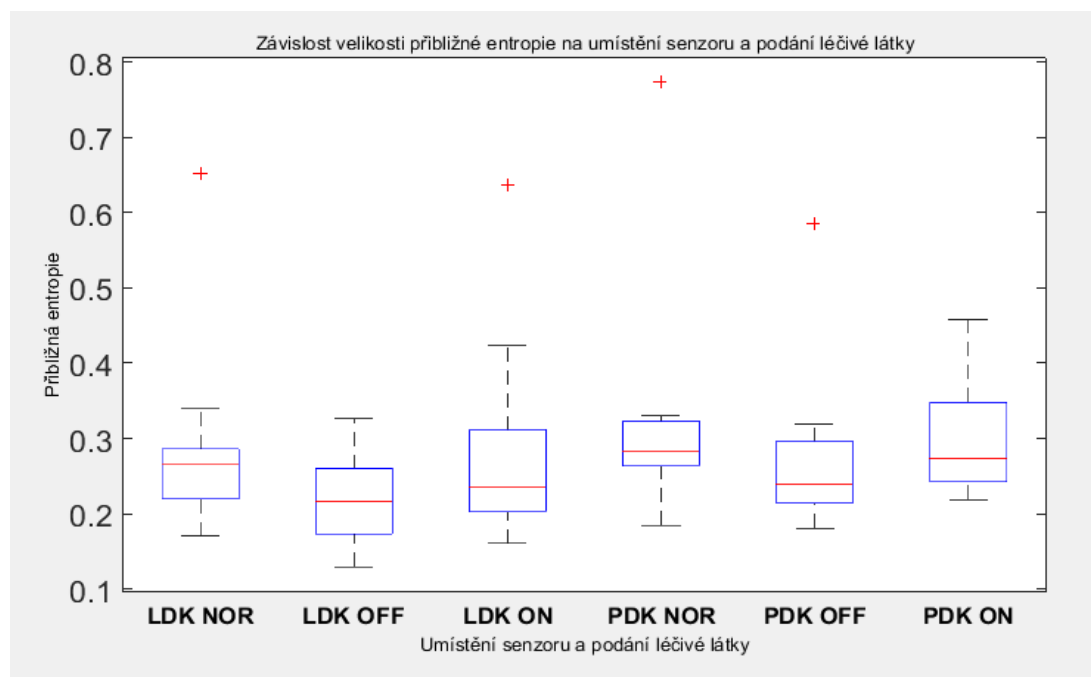
Obr. 4.21: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, TAM

Hodnota mediánu kontrolní skupiny se blíží 0,25 u levé dolní končetiny a 0,3 u pravé. Hodnota mediánu pacientů s Parkinsonovou chorobou se zvýšil z 0,2 na 0,23 u levé končetiny. U pravé dolní končetiny se hodnota zvýšila z 0,24 na 0,28.



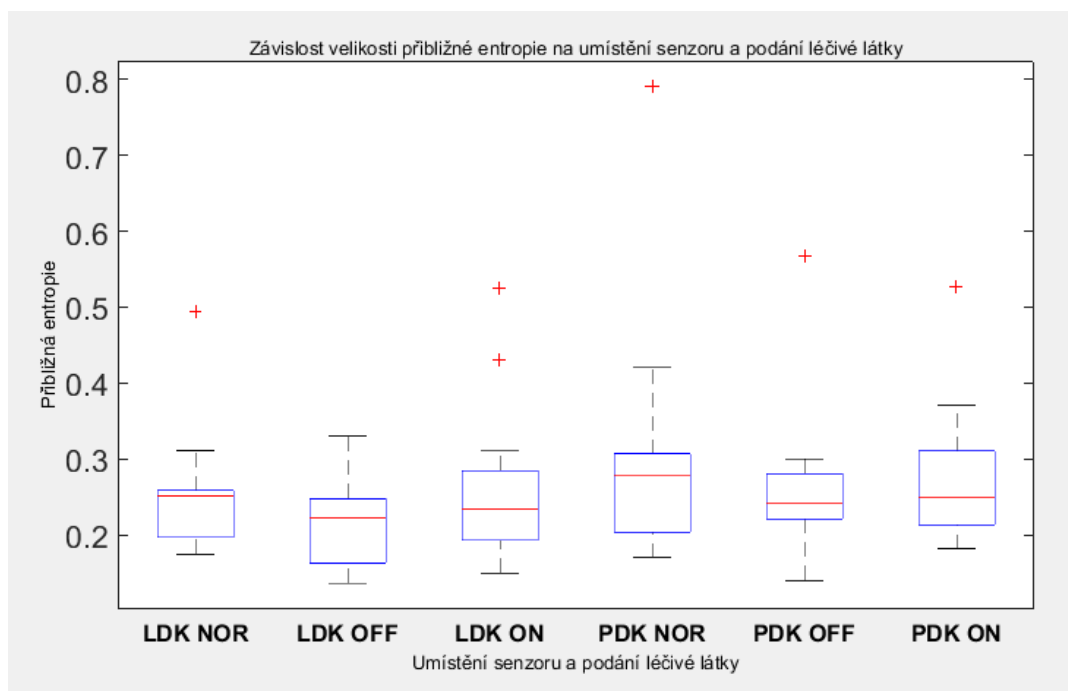
Obr. 4.22: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, ZPĚT

Hodnota mediánu pro kontrolní skupinu je 0,27 pro levou dolní končetinu a 0,28 pro pravou. Medián se u pacientů po medikaci zvýšil oproti pacientům bez medikace. Nejmenší rozpětí hodnot má kontrolní skupina (Obr. 4.23).



Obr. 4.23: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, TAM

Velikost mediánu přibližné entropie se zvýšila po podání léčiva. Na obrázku (Obr. 4.24) je vidět několik extrémních hodnot. Nejvyšší extrémní hodnota má velikost 0,8.



Obr. 4.24: Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, ZPĚT

### 4.3 Statistická analýza

V tomto oddílu práce se věnujeme statistickému zpracování vypočítaných hodnot Hurstova exponentu. Na základě výsledků statistického zpracování došlo k přijetí/odmítnutí hypotéz. Vycházela jsem z následujících dvou hypotéz:

Hypotéza 1: Při porovnání kontrolní skupiny a pacientů bez medikace, pacientů s medikací a bez medikace bude viditelný rozdíl mezi jejich hodnotami Hurstova exponentu/přibližné entropie.

Hypotéza 2: Podobné hodnoty Hurstova exponentu/přibližné entropie bude mít kontrolní skupina a pacienti s medikací.

V Tabulce 2 bylo posuzováno, zda se od sebe hodnoty Hurstova exponentu pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace a pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací budou dostatečně lišit.

Na hladině významnosti 0,05 v Měření 1 došlo k přijetí hypotézy pouze ve dvou případech a to u dat pro pravou dolní končetinu v ose y při chůzi tam, dále pak u dat pro pravou dolní končetinu v ose y při chůzi zpět. Ve zbylých případech došlo k zamítnutí hypotézy, jelikož se od sebe data dostatečně nelišila. V Měření 2 se hypotéza nepotvrdila ani v jednom případě, což znamená, že se od sebe data dostatečně nelišila.

Na základě velké různorodosti skupin jsme zvýšili hladinu významnosti na 0,1. V Měření 1 se podařilo zvýšit počet přijatých hypotéz na tři. Hypotéza byla přijata pro pravou dolní končetinu v ose z během chůze zpět. V Měření 2 se hypotéza opět nepotvrdila ani v jednom případě.

Tabulka 2: Výsledky statistického zpracování Hurstova exponentu pro skupiny ON/OFF (LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

Měření 1	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$	Měření 2	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
LX TAM	0,2036	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX TAM	0,3804	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LY TAM	0,2661	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY TAM	0,9697	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ TAM	0,8501	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ TAM	0,9697	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX TAM	0,1763	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX TAM	0,2036	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY TAM	0,0161	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PY TAM	0,1099	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PZ TAM	0,9097	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ TAM	0,7334	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LX ZPĚT	0,5693	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX ZPĚT	0,4238	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LY ZPĚT	0,3013	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY ZPĚT	0,3394	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ ZPĚT	0,7910	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ ZPĚT	0,5186	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX ZPĚT	0,2334	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX ZPĚT	0,6221	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY ZPĚT	0,0210	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PY ZPĚT	0,1099	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PZ ZPĚT	0,0771	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	PZ ZPĚT	0,6772	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>

V Tabulce 3 jsme hodnotili, zda jsou si hodnoty Hurstových exponentů kontrolní skupiny a pacientů S Parkinsonovou chorobou s medikací podobné.

Na hladině významnosti 0,05 došlo v Měření 1 k přijetí hypotézy ve třech případech. Hypotéza byla přijata u dat pro levou dolní končetinu v ose x během chůze tam, dále u levé končetiny v ose z během chůze tam a konečně u levé končetiny v ose x během chůze zpět. V Měření 2 byla hypotéza přijata ve dvou případech a to u pravé dolní končetiny v ose y během chůze tam, dále pak u pravé dolní končetiny v ose y během chůze zpět. V ostatních případech si data nebyla dostatečně podobná.

Na základě různorodosti skupin byla provedena statistická analýza na hladině významnosti 0,1. V Měření 1 došlo k přijetí hypotézy v pěti případech. K již zmíněným přibýlo potvrzení hypotézy u pravé dolní končetiny v ose y a z během chůze zpět. V Měření 2 byla potvrzena hypotéza v pěti případech. K již zmíněným se přidalo potvrzení hypotézy u levé dolní končetiny v ose x a z během chůze tam, dále pak u pravé dolní končetiny v ose z během chůze zpět. V ostatních případech se hypotézu nepodařilo potvrdit.

Tabulka 3: Výsledky statistického zpracování Hurstova exponentu pro skupiny NOR/ON (LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

Měření 1	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$	Měření 2	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
LX TAM	0,0209	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LX TAM	0,0817	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
LY TAM	0,4996	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY TAM	0,3744	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ TAM	0,0116	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LZ TAM	0,0817	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
PX TAM	0,5458	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX TAM	0,5458	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY TAM	0,1098	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PY TAM	0,0360	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PZ TAM	0,3028	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ TAM	0,2410	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LX ZPĚT	0,0302	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LX ZPĚT	0,2136	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LY ZPĚT	0,3744	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY ZPĚT	1,0000	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ ZPĚT	0,7491	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ ZPĚT	0,4138	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX ZPĚT	0,7491	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX ZPĚT	0,6441	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY ZPĚT	0,0507	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	PY ZPĚT	0,0116	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PZ ZPĚT	0,0817	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	PZ ZPĚT	0,0949	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>

V Tabulce 4 jsme posuzovali, zda se od sebe hodnoty Hurstova exponentu kontrolní skupiny a pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace budou dostatečně lišit.

Na hladině významnosti 0,05 došlo v Měření 1 k přijetí hypotézy v pěti případech. Hypotéza byla přijata u levé dolní končetiny v ose x během chůze tam i zpět, u pravé končetiny v ose y během chůze tam i zpět, dále pak u pravé končetiny v ose z během chůze zpět. V Měření 2 došlo k potvrzení hypotézy ve čtyřech případech. Hypotéza byla přijata u levé dolní končetiny v ose x během chůze tam i zpět, u pravé dolní končetiny v ose y během chůze tam i zpět.

Z důvodu velké různorodosti skupin byla provedena statistická analýza na hladině významnosti 0,1. V Měření 1 byla hypotéza potvrzena v opět v pěti případech, nedošlo k navýšení potvrzených hypotéz. V Měření 2 došlo k potvrzení v jednom dalším případě a to u levé dolní končetiny v ose z během chůze tam. V dalších případech se nepodařilo hypotézu potvrdit.



Tabulka 4: Výsledky statistického zpracování Hurstova exponentu pro skupiny NOR/OFF (LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

Měření 1	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$	Měření 2	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
LX TAM	0,0040	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LX TAM	0,0142	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
LY TAM	1,0000	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY TAM	0,4138	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ TAM	0,1265	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ TAM	0,0949	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
PX TAM	0,2136	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX TAM	0,1658	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY TAM	0,0025	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PY TAM	0,0032	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PZ TAM	0,3744	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ TAM	0,1452	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LX ZPĚT	0,0077	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LX ZPĚT	0,0360	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
LY ZPĚT	0,9717	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY ZPĚT	0,2707	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ ZPĚT	0,9151	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ ZPĚT	0,1452	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX ZPĚT	0,3028	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX ZPĚT	0,8590	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY ZPĚT	0,0005	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PY ZPĚT	0,0012	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PZ ZPĚT	0,0209	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PZ ZPĚT	0,2136	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>

V tomto oddílu práce se věnuji statistickému zpracování vypočítaných hodnot přibližné entropie. Na základě výsledků statistického zpracování došlo k přijetí/odmítnutí hypotéz. Vycházela jsem z následujících dvou hypotéz:

Hypotéza 1: Při porovnání kontrolní skupiny a pacientů bez medikace, pacientů s medikací a bez medikace bude viditelný rozdíl mezi jejich hodnotami Hurstova exponentu/přibližné entropie.

Hypotéza 2: Podobné hodnoty Hurstova exponentu/přibližné entropie bude mít kontrolní skupina a pacienti s medikací.

V Tabulce 5 bylo posuzováno, zda se od sebe hodnoty přibližné entropie pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace a pacientů s Parkinsonovou chorobou s medikací budou dostatečně lišit.

Na hladině významnosti 0,05 v Měření 1 byla hypotéza potvrzena ve třech případech. Hypotéza byla potvrzena u levé dolní končetiny v ose z během chůze tam i zpět, dále pak u levé dolní končetiny v ose y během chůze zpět. V Měření 2 byla potvrzena hypotéza v jednom případě a to u levé dolní končetiny v ose z během chůze tam.

Z důvodu velké různorodosti skupin bylo provedeno statistické vyhodnocení na hladině významnosti 0,1. V Měření 1 byla hypotéza potvrzena v již zmíněných třech případech. V Měření 2 byla hypotéza potvrzena v dalších dvou případech, u pravé dolní končetiny v ose y během chůze tam a u levé dolní končetiny v ose x během chůze zpět. V dalších případech se hypotézu nepodařilo potvrdit.

Tabulka 5: Výsledky statistického zpracování přibližné entropie pro skupiny ON/OFF (LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

Měření 1	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$	Měření 2	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
LX TAM	0,7002	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX TAM	0,1099	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LY TAM	0,4697	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY TAM	0,5186	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ TAM	0,0342	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LZ TAM	0,0342	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PX TAM	0,6772	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX TAM	0,9697	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY TAM	0,5186	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PY TAM	0,0742	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
PZ TAM	0,1763	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ TAM	0,2334	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LX ZPĚT	0,3394	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX ZPĚT	0,0640	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
LY ZPĚT	0,0425	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LY ZPĚT	0,6909	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ ZPĚT	0,0024	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	LZ ZPĚT	0,1763	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX ZPĚT	0,4238	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX ZPĚT	0,6772	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY ZPĚT	0,9097	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PY ZPĚT	0,4697	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PZ ZPĚT	0,2036	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ ZPĚT	0,9697	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>

V Tabulce 6 se hodnotilo, zda jsou si hodnoty přibližné entropie kontrolní skupiny a pacientů S Parkinsonovou chorobou s medikací podobné. Na hladině významnosti 0,05 byla v Měření 1 hypotéza potvrzena ve dvou případech. Hypotéza byla potvrzena u pravé dolní končetiny v ose y během chůze tam i zpět. V Měření 2 byla hypotéza potvrzena v jednom případě a to u levé dolní končetiny v ose y během chůze zpět.

Na základě různorodosti skupin bylo provedeno testování na hladině významnosti 0,1. V Měření 1 byla hypotéza potvrzena v jednom dalším případě a to u pravé dolní končetiny v ose x během chůze zpět. V Měření 2 byla hypotéza potvrzena ve dvou dalších případech, prvním je levá dolní končetina v ose x během chůze zpět, druhým je pravá dolní končetina v ose y během chůze zpět.

Tabulka 6: Výsledky statistického zpracování přibližné entropie pro skupiny NOR/ON (LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

Měření 1	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$	Měření 2	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
LX TAM	0,4996	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX TAM	0,3744	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LY TAM	0,5940	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY TAM	0,2136	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ TAM	0,1452	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ TAM	0,6959	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX TAM	0,2707	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX TAM	0,2554	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY TAM	0,0252	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PY TAM	0,1098	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PZ TAM	0,9151	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ TAM	0,9717	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LX ZPĚT	0,3028	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX ZPĚT	0,0597	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
LY ZPĚT	0,4771	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY ZPĚT	0,0252	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
LZ ZPĚT	0,6959	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ ZPĚT	0,9151	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX ZPĚT	0,0949	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	PX ZPĚT	0,1886	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY ZPĚT	0,0025	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PY ZPĚT	0,0817	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
PZ ZPĚT	0,8036	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ ZPĚT	0,6441	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>

V Tabulce 7 bylo sledováno, zda se od sebe hodnoty přibližné entropie kontrolní skupiny a pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace budou dostatečně lišit.

Na hladině významnosti 0,05 byla potvrzena hypotéza ve dvou případech v Měření 1. Hypotéza byla potvrzena u pravé dolní končetiny v ose x a y během chůze zpět. V Měření 2 byla hypotéza potvrzena celkem v pěti případech. Hypotéza byla potvrzena u pravé dolní končetiny v ose y během chůze tam i zpět. Dále byla potvrzena u levé dolní končetiny v ose x a y během chůze zpět a u pravé dolní končetiny v ose x během chůze zpět.

Jelikož jsou skupiny velice různorodé, byla provedena statistická analýza na hladině významnosti 0,1. V Měření 1 byla hypotéza potvrzena v dalším jednom případě a tím je pravá dolní končetina v ose y během chůze tam. V Měření 2 byla hypotéza potvrzena v již uvedených pěti případech. V dalších případech se hypotézu nepodařilo potvrdit.

Tabulka 7: Výsledky statistického zpracování přibližné entropie pro skupiny NOR/OFF (LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

Měření 1	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$	Měření 2	p [-]	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,1$
LX TAM	0,8590	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX TAM	0,1658	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LY TAM	0,3744	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY TAM	0,1452	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LZ TAM	0,6441	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ TAM	0,2136	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX TAM	0,1886	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PX TAM	0,1452	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PY TAM	0,0507	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	PY TAM	0,0142	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PZ TAM	0,4996	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ TAM	0,3744	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
LX ZPĚT	0,2707	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LX ZPĚT	0,0173	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
LY ZPĚT	0,1098	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LY ZPĚT	0,0428	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
LZ ZPĚT	0,2136	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	LZ ZPĚT	0,4138	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>
PX ZPĚT	0,0428	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PX ZPĚT	0,0428	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PY ZPĚT	0,0360	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	PY ZPĚT	0,0360	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
PZ ZPĚT	0,5940	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	PZ ZPĚT	0,8036	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>

V tomto oddílu práce jsou shrnuty všechny průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu a přibližné entropie pro referenční skupinu, pacienty s Parkinsonovou chorobou bez medikace a pacienty s Parkinsonovou chorobou s medikací.

Tabulka 8: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, TAM (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	Měření 1, TAM		
	NOR	OFF	ON
<b>LX</b>	0,9225 ± 0,1586	0,6800 ± 0,1879	0,7593 ± 0,1281
<b>LY</b>	0,8532 ± 0,0653	0,8162 ± 0,1893	0,8723 ± 0,1490
<b>LZ</b>	0,6261 ± 0,1023	0,6866 ± 0,2047	0,7425 ± 0,0924
<b>PX</b>	0,8742 ± 0,0360	0,7946 ± 0,1419	0,8670 ± 0,0967
<b>PY</b>	0,9748 ± 0,0552	0,7760 ± 0,1508	0,9068 ± 0,0822
<b>PZ</b>	0,6828 ± 0,0696	0,7168 ± 0,1077	0,7186 ± 0,0829

Tabulka 9: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, ZPĚT (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	<b>Měření 1, ZPĚT</b>		
	<b>NOR</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>
<b>LX</b>	0,9014 ± 0,1472	0,7285 ± 0,1062	0,7699 ± 0,1630
<b>LY</b>	0,8615 ± 0,1341	0,8396 ± 0,1488	0,9019 ± 0,1365
<b>LZ</b>	0,7161 ± 0,0657	0,7080 ± 0,1242	0,6922 ± 0,1082
<b>PX</b>	0,8849 ± 0,0511	0,8220 ± 0,1496	0,8838 ± 0,0668
<b>PY</b>	0,9887 ± 0,0313	0,8077 ± 0,1200	0,9089 ± 0,0755
<b>PZ</b>	0,6359 ± 0,0798	0,7315 ± 0,0870	0,7075 ± 0,0775

Tabulka 10: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 2, TAM (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	<b>Měření 2, TAM</b>		
	<b>NOR</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>
<b>LX</b>	0,8536 ± 0,2793	0,6938 ± 0,1395	0,7524 ± 0,1639
<b>LY</b>	0,7983 ± 0,2137	0,8422 ± 0,2178	0,8800 ± 0,0993
<b>LZ</b>	0,6050 ± 0,1539	0,7182 ± 0,1417	0,7219 ± 0,0818
<b>PX</b>	0,8957 ± 0,0455	0,7848 ± 0,1889	0,8685 ± 0,0797
<b>PY</b>	0,9809 ± 0,0526	0,8116 ± 0,1716	0,9065 ± 0,0767
<b>PZ</b>	0,6289 ± 0,0994	0,6915 ± 0,1738	0,6908 ± 0,1352

Tabulka 11: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 2, ZPĚT (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	<b>Měření 2, ZPĚT</b>		
	<b>NOR</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>
<b>LX</b>	0,8615 ± 0,1948	0,7136 ± 0,1169	0,7802 ± 0,1662
<b>LY</b>	0,8740 ± 0,2059	0,8252 ± 0,2003	0,9139 ± 0,1510
<b>LZ</b>	0,6498 ± 0,1111	0,7133 ± 0,1506	0,6894 ± 0,0818
<b>PX</b>	0,8917 ± 0,0344	0,8243 ± 0,1931	0,8720 ± 0,0851
<b>PY</b>	1,0078 ± 0,0572	0,8211 ± 0,1810	0,9299 ± 0,0725
<b>PZ</b>	0,6525 ± 0,0869	0,6858 ± 0,1330	0,7211 ± 0,0916

Tabulka 11: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, TAM (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	<b>Měření 1, TAM</b>		
	<b>NOR</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>
<b>LX</b>	0,3023 ± 0,0905	0,3060 ± 0,1372	0,3263 ± 0,0977
<b>LY</b>	0,3422 ± 0,1216	0,2997 ± 0,1297	0,3157 ± 0,1108
<b>LZ</b>	0,2174 ± 0,0879	0,2119 ± 0,0507	0,2547 ± 0,0903
<b>PX</b>	0,3772 ± 0,9650	0,3001 ± 0,1352	0,3267 ± 0,0993
<b>PY</b>	0,4300 ± 0,1083	0,3051 ± 0,1437	0,3236 ± 0,0985
<b>PZ</b>	0,2944 ± 0,1365	0,2513 ± 0,0919	0,2752 ± 0,0829

Tabulka 12: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, ZPĚT (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	<b>Měření 1, ZPĚT</b>		
	<b>NOR</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>
<b>LX</b>	0,3533 ± 0,0843	0,3028 ± 0,1202	0,3314 ± 0,1131
<b>LY</b>	0,3830 ± 0,1144	0,2781 ± 0,1035	0,3538 ± 0,1557
<b>LZ</b>	0,2453 ± 0,0780	0,2023 ± 0,0444	0,2610 ± 0,0879
<b>PX</b>	0,3967 ± 0,0998	0,2982 ± 0,1347	0,3129 ± 0,0954
<b>PY</b>	0,4625 ± 0,1451	0,3058 ± 0,1491	0,3034 ± 0,0737
<b>PZ</b>	0,3064 ± 0,1786	0,2559 ± 0,1159	0,2782 ± 0,0977

Tabulka 13: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 2, TAM (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	<b>Měření 2, TAM</b>		
	<b>NOR</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>
<b>LX</b>	0,3804 ± 0,1225	0,2894 ± 0,1253	0,3297 ± 0,1126
<b>LY</b>	0,3980 ± 0,1518	0,3142 ± 0,1437	0,3304 ± 0,1150
<b>LZ</b>	0,2860 ± 0,1373	0,2197 ± 0,0612	0,2813 ± 0,1282
<b>PX</b>	0,3961 ± 0,1322	0,3387 ± 0,1578	0,3310 ± 0,1116
<b>PY</b>	0,4295 ± 0,0825	0,3341 ± 0,1556	0,3758 ± 0,1144
<b>PZ</b>	0,3231 ± 0,1630	0,2756 ± 0,1018	0,2974 ± 0,0764

Tabulka 14: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 2, ZPĚT (NOR – referenční skupina, OFF – pacienti bez medikace, ON – pacienti s medikací, LX – levá dolní končetina v ose x, LY – levá dolní končetina v ose y, LZ – levá dolní končetina v ose z, PX – pravá dolní končetina v ose x, PY – pravá dolní končetina v ose y, PZ – pravá dolní končetina v ose z)

	<b>Měření 2, ZPĚT</b>		
	<b>NOR</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>
<b>LX</b>	0,4429 ± 0,1002	0,3104 ± 0,1310	0,3597 ± 0,1131
<b>LY</b>	0,4780 ± 0,1236	0,3254 ± 0,1587	0,3380 ± 0,1197
<b>LZ</b>	0,2556 ± 0,0938	0,2162 ± 0,0534	0,2631 ± 0,1060
<b>PX</b>	0,4278 ± 0,1266	0,3187 ± 0,1390	0,3401 ± 0,0937
<b>PY</b>	0,4449 ± 0,1565	0,3145 ± 0,1637	0,3462 ± 0,1118
<b>PZ</b>	0,3073 ± 0,1847	0,2660 ± 0,1006	0,2772 ± 0,0935

## 5 Diskuse

Hlavním výsledkem mé bakalářské práce bylo ověření rozlišovací schopnosti Hurstova exponentu a přibližné entropie mezi pacienty s Parkinsonovou chorobou a subjekty z referenční skupiny. Veškeré výpočty byly implementovány v programu Matlab. Výpočet Hurstova exponentu a přibližné entropie jsem aplikovala na data získaná pomocí senzorů měřících akceleraci od firmy Xsens. Tato data byla naměřena během TUG testu. Celkem jsem pracovala s daty od 23 subjektů, 10 subjektů bez Parkinsonovy choroby a 13 subjektů s Parkinsonovou chorobou. Po provedení veškerých výpočtů jsem provedla statistickou analýzu. Během statistické analýzy jsem se pokusila vyvrátit nebo potvrdit stanovené hypotézy. První hypotéza se zakládá na výrazné rozdílnosti mezi vypočítanými daty Hurstových exponentů/přibližné entropie kontrolní skupiny a pacientů s Parkinsonovou chorobou bez medikace a dále mezi pacienty s Parkinsonovou chorobou s medikací a pacienty s Parkinsonovou chorobou bez medikace. Moje druhá hypotéza se zakládá na podobnosti vypočítaných dat Hurstových exponentů/přibližné entropie mezi kontrolní skupinou a pacienty s Parkinsonovou chorobou s medikací. Data byla vyhodnocena před otočením subjektu a následně po otočení subjektu. Data před otočením subjektu jsou uváděna pod označením TAM, po otočení subjektu jsou data označena jako ZPĚT.

Ve své práci jsem zjistila, že průměrné hodnoty Hurstova exponentu vypočítané z dat naměřených během prvního měření z chůze tam a zpět se u měřených skupin liší. Ve většině případů má referenční skupina nejvyšší průměrné hodnoty Hurstova exponentu ve všech osách u obou končetin. Naopak skupina pacientů bez medikace dosahuje hodnot nejnižších, což byl můj předpoklad. Dále se potvrdilo, že po podání medikamentů se zvýší hodnota Hurstova exponentu. Z vypočítaných dat lze sledovat, která dolní končetina je onemocněním více ovlivněna. Končetina s nižšími hodnotami Hurstova exponentu je ovlivněna více, tuto skutečnost pozorujeme v Tabulce 8 a 9. Ze zmíněných tabulek je viditelné, že chůze před otočením a po otočení subjektu se téměř nezměnila.

Ve druhém měření během chůze tam a zpět jsou si Hurstovy exponenty opět velice podobné. Potvrdila se má domněnka, že otočka nemá na chůzi před a po otočení nijak zvlášť velký vliv. Z Tabulek 10 a 11 je viditelný rozdíl mezi hodnotami Hurstových exponentů mezi pravou a levou dolní končetinou. Rozdíl mezi hodnotami je způsoben dominancí jedné z končetin a zároveň mírou postižení jedné z končetin Parkinsonovou chorobou.



Data mezi měřeními 1 a 2 si již tak podobné nejsou, což je podle mého názoru způsobené odlišným tempem chůze, frekvencí krokového cyklu a variabilitou kroků.

Po provedení statistické analýzy na hladině 0,05 a 0,1 se mi ve většině případů nepodařilo předpoklady potvrdit. Hladina významnosti byla změněna na základě velké různorodosti analyzovaných skupin.

Po provedení všech výpočtů jsem dospěla ke stejnému názoru jako Zhuang Jian a kol., který uvádí skutečnost, že se zvyšujícím se věkem a pokročilejší formou Parkinsonovy choroby klesá Hurstův exponent. Ateke Goshvarpour a kolektiv provedli měření 10 subjektů, u kterých průměrný Hurstův exponent vyšel 1,12. Tuto hodnotu lze porovnat s výsledky, ke kterým jsem došla. Průměrné hodnoty Hurstova exponentu referenční skupiny se hodnotě 1,12 v několika případech značně přibližují. Ovšem některé průměrné hodnoty jsou značně odlišné, což je podle mého názoru způsobeno rozdílným výběrem testovaných skupin. Ateke Goshvarpour prováděl měření se skupinou subjektů ve věku 18-29 let, přičemž já jsem pracovala s daty naměřenými u starší skupiny subjektů.

Mým dalším zjištěním bylo, jaké průměrné hodnoty přibližné entropie dosahují pacienti s Parkinsonovou chorobou a subjekty z referenční skupiny. Subjekty z referenční skupiny dosahují nejvyšších průměrných hodnot přibližné entropie v prvním měření během chůze tam. Nejnižších hodnot pak nabývají pacienti s Parkinsonovou chorobou bez medikace. Průměrné hodnoty přibližné entropie po podání medikamentů dosahují podobných hodnot jako referenční skupina. Lze tedy tvrdit, že léky ovlivňují hodnotu přibližné entropie. Je zde nepatrný rozdíl mezi průměrnými hodnotami přibližné entropie mezi měřeními před otočkou a po otočce. Ze zjištěných hodnot lze usuzovat, která končetina je dominantní.

Z průměrných hodnot přibližné entropie vypočítaných z dat naměřených během druhého měření při chůzi tam a zpět lze vidět, že hodnoty přibližné entropie před otočkou a po otočce se liší jen minimálně. Dále je patrný vliv dominantní a nedominantní nohy na chůzi subjektů. Hodnoty přibližné entropie pravé a levé dolní končetiny se nepatrně liší. Na základě rozdílů mezi hodnotami je možné určit, která končetina je dominantní a nedominantní.

Po provedení statistické analýzy na hladině významnosti 0,05 a 0,1 se mi ve většině případů nepodařilo domněnky potvrdit. Usuzuji, že nedostatečná rozdílnost mezi kontrolní skupinou a pacienty s Parkinsonovou chorobou bez medikace může být způsobena nízkou fází onemocnění testovaných subjektů.

Jelikož se nepodařilo potvrdit větší část zadaných hypotéz, nelze soudit, jakou rozlišovací schopnost mají obě zkoumané metody. Nedostatečná rozlišovací schopnost obou zkoumaných metod je s největší pravděpodobností způsobena nízkým stádiem Parkinsonovy choroby u subjektů v testované skupině pacientů s Parkinsonovou chorobou. Pokud je pacient v nízké fázi onemocnění, jeho hodnoty Hurstova exponentu a přibližné entropie se značně podobají hodnotám získaným od referenční skupiny. Pro další ověření použitých metod by bylo vhodné zkoumat větší počet subjektů v referenční skupině a do skupiny pacientů s Parkinsonovou chorobou zařadit subjekty nacházející se ve vyšší fázi onemocnění. Toto další hodnocení by bylo vhodné jako téma pro diplomovou práci.

## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat rozlišovací schopnost Hurstova exponentu a přibližné entropie mezi pacienty s Parkinsonovou chorobou a subjekty z referenční skupiny. Byly porovnávány hodnoty získané během TUG testu, které jsem dále zpracovávala pomocí implementovaných výpočtů v programu Matlab. Z výsledků práce je zřejmé, že rozlišovací schopnost Hurstova exponentu a přibližné entropie mezi referenční skupinou a pacienty s Parkinsonovou chorobou před a po podání medikamentů není dostatečná. Hodnoty skupin jsou si velmi podobné, nepodařilo se tedy potvrdit většinu zkoumaných hypotéz. Ve většině případů došlo k odmítnutí hypotéz.

## Seznam použité literatury

- [1] BAREŠ, Martin, et al. *Diagnostika a klinické příznaky Parkinsonovy nemoci. Neurologie pro praxi*, 2001, 1: 22-24.
- [2] GOSHVARPOUR, Ateke. *Nonlinear Analysis of Human Gait Signals*. I.J. Information Engineering and Electronic Business, 2012, 2, 15-21.
- [3] JIAN JUN, Zhuang. *Decrease in Hurst exponent of human gait with aging and neurodegenerative diseases*. Chinese Physics B, Volume 17, Number 3.
- [4] RŮŽIČKA, Evžen; ROTH, Jan. *Parkinsonova nemoc*. Psychiatrické centrum, 1998.
- [5] ROTH, Jan, SEKYROVÁ Marcela a RŮŽIČKA Evžen. *Parkinsonova nemoc*. 4.Praha: Maxdorf, 2009, 222 s. ISBN 978-807-3451-783.
- [6] IQBAL, Sajid. *Nonlinear Time-Series Analysis of Human Gaits in Aging and Parkinson's Disease*. Harbin Institute of Technology, China.
- [7] VLADYKA, Vilibald. *Jak čelit Parkinsonově nemoci*. 1. vyd. Avicenum, 1977. 114, [2] s.
- [8] KOLÁŘ, Pavel. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galém. (2009).
- [9] ROSE, J. & GAMBLE, J. G. (2006). *Human walking*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- [10] WHITTLE, Michael W. *Gait analysis: an introduction*. 4th ed. Edinburgh: Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 07-506-8883-1.
- [11] PLACHETA Z. a kol. *Zátěžové vyšetření a pohybová léčba ve vnitřním lékařství*. Brno: Masarykova univerzita, 2001. 179 s. ISBN 80-210-2614-6
- [12] KAPLAN, Ian (2013). *Estimating the Hurst Exponent*. [online]. [cit. 23.2.2016] Dostupné z: [http://www.bearcave.com/misl/misl\\_tech/wavelets/hurst/](http://www.bearcave.com/misl/misl_tech/wavelets/hurst/)
- [13] YENTES, Jenna M., *The Appropriate use of approximate entropy and sample entropy with short data sets*. Annals of Biomedical Engineering, Pubmed
- [14] Harbourne, Stergiou, 2009, pp. 271-277
- [15] PINCUS, M. *Approximate entropy as a measure of system complexity*. Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 88, pages 2297-2301, 1991.
- [16] PINCUS, M., VISCARELLO, R. *Approximate Entropy: A Regularity Measure for Fetal Heart Rate Analysis*. Obstetrics and Gynecology, vol. 79, pages 249-255, 1992.
- [17] ESTEBAN, R.G. *Heart Rate Variability Characterization Using Entropy Measures*. 2008, s. 91
- [18] LAU, S., J. HAUEISEN, E.g. SCHUKAT-TALAMAZZINI, A. VOSS, M. GOERNIG, U. LEDER a H.-R. FIGULLA. *Entropy Estimation Methods in HRV Analysis of Patients with Myocardial Infarction*. 2005
- [19] RICHMAN, J. S. and MOORMAN, J. R.. *Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy*. American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology, 278(6):2039–2049, 2000.

- [20] MARQUES-de Sa, J.P. *Characterization of Fetal Heart Rate Using Approximate Entropy*. IEEE. Computers in Cardiology, vol. 32, s. 671-673, 2005.
- [21] PINCUS, M., SINGER, H. *Randomness and degrees of irregularity*. Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 93, pages 2083-2088, 1996. [Pincus 96]
- [22] Husák, M. 8. *Akcelerometry* [pdf]. In: *micro feld* [online]. Katedra mikroelektrotechniky FEL ČVUT v Praze [vid. 19.1.2014]. Dostupné z: <http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34SES/prednasky/08%20Akcelerometry.pdf>
- [23] KUIPERS, J. *Quaternions And Rotation Sequences: A Primer With Applications To Orbits, Aerospace And Virtual Reality* Author: JB Kui. 2002.
- [24] DIEBEL, James. *Representing attitude: Euler angles, unit quaternions, and rotation vectors*. *Matrix*, 2006, 58: 15-16.
- [25] Obrázek 2.4: <http://what-when-how.com/advanced-methods-in-computer-graphics/quaternions-advanced-methods-in-computer-graphics-part-2/>
- [26] Obrázek 2.1: <https://www.studyblue.com/#flashcard/view/13079492>
- [27] Obrázek 3.1: <https://www.xsens.com/products/xbus-kit/>
- [28] Obrázek 3.1: <http://www.memsjournal.com/2013/07/emerging-applications-for-mems-motion-tracking.html>
- [29] Obrázek 3.2: <http://www.turbosquid.com/3d-models/3d-model-simple-human-body/802073>
- [30] Obrázek 3.3: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/00/37/1/wall.htm>
- [31] CHEN, Chu. *Hurst parameter Estimate*. [cit. 18.2.2016]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19148-hurst-parameter-estimate>
- [32] PARNANDI, Avinash. *Approximate Entropy*. [cit. 15.3.2016]. Dostupné z: <http://www.physionet.org/physiotools/ApEn/>
- [33] SPOTT J.C.: *Chaos and Time- Series Analysis*. Oxford University Press, Oxford 2003. ISBN 0-19-850840-9
- [34] PHILIPPE, J. *R/s Analysis to estimate the Hurst exponent* [online]. 14.10.2009 [cit. 15.1.2016]. Dostupné z: <https://stochasticfractals.wordpress.com/2009/10/14/rs-analysis-to-estimate-the-hurst-exponent/>
- [35] TREŠL, J.: *Statistické metody a kapitálové trhy*. Vysoká škola ekonomická, Praha, 1999. str. 74, ISBN 80-707-9911-0.
- [36] HOTAŘ, Vlastimil. *Fraktální geometrie* [online]. 21.11.2011 [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://www.ksr.tul.cz/fraktaly/definice.html#hurst>
- [37] ZEMAN, Martin: *Hurstův exponent a náhodnost v časových řadách*. Praha, 2011. 66 s. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze

## Seznam obrázků

Číslo obrázku	Název obrázku	Strana
2.1	Popis umístění chodidel na podložce	7
2.2	Princip činnosti akcelerometru	14
2.3	Výpočet hodnot rotační matice	15
2.4	Úhly rotace kolem jednotlivých os	16
3.1	Obrázek systému XbusMaster a senzory firmy Xsens barevně vyznačené osy	18
3.2	Rozmístění senzorů na těle subjektu	19
3.3	Time Up and Go test	20
3.4	Ukázka odstranění otočky subjektu s načtenými hodnotami Eulerových úhlů	22
3.5	Vývojový diagram použitého postupu při řešení	22
4.1	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, TAM	26
4.2	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, ZPĚT	27
4.3	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, TAM	27
4.4	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, ZPĚT	28
4.5	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, TAM	29
4.6	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, ZPĚT	29
4.7	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, TAM	30
4.8	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, ZPĚT	30
4.9	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, TAM	31
4.10	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, ZPĚT	31

4.11	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, TAM	32
4.12	Graf závislosti Hurstova exponentu na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, ZPĚT	32
4.13	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, TAM	33
4.14	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 1, ZPĚT	34
4.15	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, TAM	34
4.16	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu x, měření 2, ZPĚT	35
4.17	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, TAM	35
4.18	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 1, ZPĚT	36
4.19	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, TAM	36
4.20	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu y, měření 2, ZPĚT	37
4.21	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, TAM	37
4.22	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 1, ZPĚT	38
4.23	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, TAM	38
4.24	Graf závislosti přibližné entropie na umístění senzoru a podání léčivé látky pro osu z, měření 2, ZPĚT	39

# Seznam tabulek

Číslo přílohy	Název přílohy	Strany
1	Označení senzorů	17
2	Výsledky statistického zpracování Hurstova exponentu pro skupiny ON/OFF	40
3	Výsledky statistického zpracování Hurstova exponentu pro skupiny NOR/ON	41
4	Výsledky statistického zpracování Hurstova exponentu pro skupiny NOR/OFF	42
5	Výsledky statistického zpracování přibližné entropie pro skupiny ON/OFF	43
6	Výsledky statistického zpracování přibližné entropie pro skupiny NOR/ON	44
7	Výsledky statistického zpracování přibližné entropie pro skupiny NOR/OFF	45
8	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, TAM	45
9	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, ZPĚT	46
10	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 2, TAM	46
11	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky Hurstova exponentu pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, ZPĚT	46
12	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, TAM	47
13	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, ZPĚT	47
14	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 2, TAM	47
15	Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky přibližné entropie pro skupiny NOR, OFF, ON pro měření 1, ZPĚT	48
16	Hurstovy exponenty pro pacienta B I NOR	62
17	Hurstovy exponenty pro pacienta K V OFF	62
18	Hurstovy exponenty pro pacienta K V ON	62



19	Hurstovy exponenty pro pacienta R E NOR	62
20	Hurstovy exponenty pro pacienta B J OFF	63
21	Hurstovy exponenty pro pacienta B J ON	63
22	Hurstovy exponenty pro pacienta R K NOR	63
23	Hurstovy exponenty pro pacienta G A OFF	63
24	Hurstovy exponenty pro pacienta G A ON	64
25	Hurstovy exponenty pro pacienta R J OFF	64
26	Hurstovy exponenty pro pacienta R J ON	64
27	Hurstovy exponenty pro pacienta H V OFF	64
28	Hurstovy exponenty pro pacienta H V ON	65
29	Hurstovy exponenty pro pacienta O J OFF	65
30	Hurstovy exponenty pro pacienta O J ON	65
31	Hurstovy exponenty pro pacienta E E OFF	65
32	Hurstovy exponenty pro pacienta E E ON	66
33	Hurstovy exponenty pro pacienta C P NOR	66
34	Hurstovy exponenty pro pacienta G J NOR	66
35	Hurstovy exponenty pro pacienta M J NOR	66
36	Hurstovy exponenty pro pacienta K V NOR	67
37	Hurstovy exponenty pro pacienta V A OFF	67
38	Hurstovy exponenty pro pacienta V A ON	67
39	Hurstovy exponenty pro pacienta J A OFF	67
40	Hurstovy exponenty pro pacienta J A ON	68
41	Hurstovy exponenty pro pacienta J V OFF	68
42	Hurstovy exponenty pro pacienta J V ON	68
43	Hurstovy exponenty pro pacienta S Z OFF	68
44	Hurstovy exponenty pro pacienta S Z ON	69
45	Hurstovy exponenty pro pacienta J O OFF	69
46	Hurstovy exponenty pro pacienta J O ON	69
47	Hurstovy exponenty pro pacienta F V NOR	69

48	Hurstovy exponenty pro pacienta H P NOR	70
49	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B I NOR	70
50	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta K V OFF	70
51	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta K V ON	70
52	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R E NOR	71
53	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B J OFF	71
54	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B J ON	71
55	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B J ON	71
56	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R K NOR	72
57	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta G A OFF	72
58	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta G A ON	72
59	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R J OFF	72
60	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R J ON	73
61	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta H V OFF	73
62	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta H V ON	73
63	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta O J OFF	73
64	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta O J ON	74
65	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta E E OFF	74
66	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta E E ON	74
67	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta C P NOR	74
68	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta G J NOR	75
69	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta M J NOR	75
70	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta K V NOR	75
71	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta V A OFF	75
72	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta V A ON	76
73	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J A OFF	76
74	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J A ON	76
75	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J V OFF	76
76	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J V ON	77

77	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta S Z OFF	77
78	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta S Z ON	77
79	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J O OFF	77
80	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J O ON	78
81	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta F V NOR	78
82	Hodnoty přibližné entropie pro pacienta H P NOR	78

## Seznam příloh

Číslo přílohy	Název přílohy	Strany
1	Tabulky Hurstových exponentů	62-70
2	Tabulky přibližné entropie	70-78

## Příloha 1: Tabulky Hurstových exponentů

Tabulka 16: Hurstovy exponenty pro pacienta B I NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110107_B_I_NOR				
LX	0,9430	0,9238	0,9727	0,9933
LY	0,9462	0,9026	1,0157	0,9714
LZ	0,6619	0,6463	0,7458	0,6714
PX	0,9198	0,8647	0,9170	0,9200
PY	0,9938	0,9685	0,9995	0,9594
PZ	0,7856	0,7266	0,6856	0,7228

Tabulka 17: Hurstovy exponenty pro pacienta K V OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110114_K_V_OFF				
LX	0,6311	0,5796	0,5944	0,5015
LY	0,9780	0,9333	0,8716	0,9244
LZ	0,7865	0,7216	0,7046	0,7512
PX	0,8134	0,8423	0,7772	0,9233
PY	1,0007	0,9583	0,9199	0,8811
PZ	0,7165	0,6770	0,6560	0,6434

Tabulka 18: Hurstovy exponenty pro pacienta K V ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110114_K_V_ON				
LX	0,8688	0,7588	0,8457	0,8310
LY	1,0137	0,9489	0,9939	1,0897
LZ	0,7586	0,7003	0,7616	0,6196
PX	0,8367	0,9443	0,7937	0,9250
PY	0,9367	1,0174	0,9182	0,9931
PZ	0,7327	0,6994	0,7066	0,6816

Tabulka 19: Hurstovy exponenty pro pacienta R E NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110128_R_E_NOR				
LX	0,5364	0,1076	0,5076	0,4301
LY	0,8471	0,8872	0,9881	1,0322
LZ	0,5479	0,2646	0,8529	0,5866
PX	0,8785	0,9702	0,9332	0,9141
PY	0,8785	0,9873	1,0171	0,9717
PZ	0,6824	0,6224	0,7325	0,7297

Tabulka 20: Hurstovy exponenty pro pacienta B J OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110204_B_J_OFF				
LX	0,2713	0,4276	0,5602	0,5376
LY	0,4437	0,1976	0,5446	0,2431
LZ	0,1918	0,4168	0,5427	0,3896
PX	0,6334	0,2797	0,7597	0,4387
PY	0,6061	0,3515	0,7110	0,3953
PZ	0,5097	0,2368	0,6853	0,2961

Tabulka 21: Hurstovy exponenty pro pacienta B J ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110204_B_J_ON				
LX	0,6614	0,5014	0,4109	0,4206
LY	0,7266	0,7886	0,9010	0,8630
LZ	0,7714	0,7522	0,6976	0,7364
PX	0,6726	0,7026	0,8259	0,7309
PY	0,8835	0,8856	0,8295	0,9400
PZ	0,6968	0,7128	0,7112	0,7509

Tabulka 22: Hurstovy exponenty pro pacienta R K NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110225_R_K_NOR				
LX	1,0618	0,7951	0,9352	0,7097
LY	0,8321	0,8861	0,7803	0,8968
LZ	0,7262	0,6875	0,7287	0,8386
PX	0,8366	0,8578	0,8184	0,8838
PY	1,0794	1,0394	0,9762	1,1220
PZ	0,7651	0,7319	0,6525	0,6526

Tabulka 23: Hurstovy exponenty pro pacienta G A OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_G_A_OFF				
LX	0,8199	0,9523	0,8119	0,7568
LY	0,8410	0,8834	0,8247	0,8129
LZ	0,7910	0,8259	0,9042	0,8633
PX	0,6844	0,6952	0,5610	0,6176
PY	0,7929	0,8064	0,7589	0,8501
PZ	0,7383	0,8262	0,7858	0,7878

Tabulka 24: Hurstovy exponenty pro pacienta G A ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_G_A_ON				
LX	0,5245	0,7099	0,6530	0,7830
LY	0,8286	0,7410	0,8875	0,8414
LZ	0,8807	0,7991	0,8162	0,8365
PX	0,8962	0,8862	0,8292	0,8563
PY	0,7948	0,8412	0,8714	0,8942
PZ	0,7757	0,8036	0,7720	0,8103

Tabulka 25: Hurstovy exponenty pro pacienta R J OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_R_J_OFF				
LX	0,7637	0,7109	0,7861	0,6954
LY	0,9613	0,9911	0,9154	1,0163
LZ	0,7439	0,6084	0,5786	0,6269
PX	0,9447	0,9260	0,9377	0,9611
PY	0,9473	0,9480	0,9240	0,8925
PZ	0,6784	0,6687	0,7018	0,6114

Tabulka 26: Hurstovy exponenty pro pacienta R J ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_R_J_ON				
LX	0,6143	0,6390	0,7216	0,6782
LY	0,9300	0,9703	0,9163	1,0060
LZ	0,7466	0,6971	0,7409	0,6453
PX	0,9525	0,9212	0,9123	0,9056
PY	0,9501	0,9772	1,0057	0,9783
PZ	0,6717	0,7070	0,6683	0,6742

Tabulka 27: Hurstovy exponenty pro pacienta H V OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_H_V_OFF				
LX	0,3286	0,6771	0,6096	0,7636
LY	0,4870	0,7316	0,6895	0,7583
LZ	0,4492	0,7755	0,8376	0,8537
PX	0,6938	0,6695	0,7141	0,7169
PY	0,7444	0,8355	0,7666	0,8455
PZ	0,6292	0,7293	0,7855	0,7667

Tabulka 28: Hurstovy exponenty pro pacienta H V ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_H_V_ON				
LX	0,6290	1,0198	0,9053	0,8949
LY	0,8137	0,9746	0,8612	0,8634
LZ	0,7320	0,7197	0,7889	0,7045
PX	0,9391	1,0099	0,8524	0,7716
PY	0,9320	0,8904	0,8377	0,8871
PZ	0,7014	0,6580	0,7280	0,7071

Tabulka 29: Hurstovy exponenty pro pacienta O J OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_O_J_OFF				
LX	0,7345	0,5975	0,7534	0,6966
LY	0,8857	0,9088	0,9177	0,9402
LZ	0,8129	0,8497	0,7465	0,6843
PX	1,0132	0,9570	1,0092	1,0628
PY	0,8629	0,8694	0,9654	0,9289
PZ	0,8331	0,6209	0,7687	0,7291

Tabulka 30: Hurstovy exponenty pro pacienta O J ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_O_J_ON				
LX	0,8010	0,5223	0,7488	0,6783
LY	0,8868	0,8843	0,9760	0,9282
LZ	0,6923	0,6591	0,6284	0,6124
PX	0,9271	0,8613	1,0162	1,0160
PY	0,8528	0,8565	0,8908	0,9290
PZ	0,6944	0,7473	0,7634	0,7270

Tabulka 31: Hurstovy exponenty pro pacienta E E OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110513_E_E_OFF				
LX	0,8074	0,6876	0,7601	0,6687
LY	0,8802	0,8576	0,9095	0,7886
LZ	0,8642	0,8648	0,7692	0,7265
PX	0,7343	0,8405	0,8540	0,8970
PY	0,9185	0,8579	0,9539	0,8784
PZ	0,7538	0,7900	0,7067	0,7244



Tabulka 32: Hurstovy exponenty pro pacienta E E ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110513_E_E_ON				
LX	0,7080	0,6025	0,6937	0,7594
LY	0,8887	0,9598	0,9447	0,7539
LZ	0,8259	0,7493	0,6442	0,6358
PX	0,7913	0,9364	0,9149	0,8227
PY	0,8223	0,8660	0,8486	0,8324
PZ	0,8231	0,8025	0,7432	0,7924

Tabulka 33: Hurstovy exponenty pro pacienta C P NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110524_C_P_NOR				
LX	0,8741	0,9418	0,9767	0,9526
LY	0,7949	0,6268	1,0854	0,5396
LZ	0,7292	0,7358	0,7776	0,7369
PX	0,8765	0,9237	0,9021	0,9098
PY	0,9238	1,0614	0,9979	0,9768
PZ	0,6048	0,7252	0,7334	0,6689

Tabulka 34: Hurstovy exponenty pro pacienta G J NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110524_G_J_NOR				
LX	1,0096	0,9305	0,9493	0,7121
LY	0,9198	0,8981	0,8035	1,0325
LZ	0,7643	0,7384	0,7193	0,7660
PX	0,8384	0,9058	0,8832	0,9002
PY	0,9344	0,9746	0,9912	1,0050
PZ	0,6453	0,5587	0,5912	0,6639

Tabulka 35: Hurstovy exponenty pro pacienta M J NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110531_M_J_NOR				
LX	0,8477	0,8360	0,8709	0,8691
LY	0,8427	0,6937	0,8412	1,0848
LZ	0,4395	0,5747	0,6574	0,6153
PX	0,8343	0,8408	0,7988	0,8455
PY	0,9618	0,9137	0,9167	0,9636
PZ	0,6267	0,6031	0,5467	0,5120

Tabulka 36: Hurstovy exponenty pro pacienta K V NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110609_K_V_NOR				
LX	1,0520	1,0568	1,0157	1,0069
LY	0,7239	0,3187	0,6794	0,4765
LZ	0,5975	0,6442	0,6702	0,5618
PX	0,9077	0,9171	0,9716	0,9498
PY	1,0122	1,0275	1,0179	1,0307
PZ	0,5871	0,3982	0,6212	0,4863

Tabulka 37: Hurstovy exponenty pro pacienta V A OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110701_V_A_OFF				
LX	0,6161	0,7100	0,7004	0,6844
LY	0,7674	0,9529	0,9139	0,8466
LZ	0,7602	0,7562	0,6526	0,7666
PX	0,7025	0,7081	0,6878	0,9620
PY	0,6743	0,7605	0,7396	0,8899
PZ	0,7984	0,8019	0,8737	0,7255

Tabulka 38: Hurstovy exponenty pro pacienta V A ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110701_V_A_ON				
LX	0,9233	0,9595	0,8788	1,0773
LY	0,8426	0,8462	0,9849	1,0196
LZ	0,7226	0,6370	0,6236	0,6270
PX	0,6892	0,7677	0,8421	0,8781
PY	0,9900	0,8318	1,0502	1,0124
PZ	0,5785	0,6091	0,6349	0,5948

Tabulka 39: Hurstovy exponenty pro pacienta J A OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110708_J_A_OFF				
LX	0,6815	0,5686	0,6652	0,6624
LY	0,7278	0,8299	0,8495	0,8564
LZ	0,8761	0,7808	0,8425	0,8733
PX	0,6205	0,7250	0,6666	0,6294
PY	0,6853	0,7071	0,7923	0,8147
PZ	0,8449	0,8962	0,7879	0,7971

Tabulka 40: Hurstovy exponenty pro pacienta J A ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110708_J_A_ON				
LX	0,7364	0,6766	0,5603	0,5892
LY	0,9513	0,9331	0,8270	0,8664
LZ	0,7729	0,8461	0,7741	0,7819
PX	0,9136	0,8187	0,8433	0,7586
PY	0,9168	0,9052	0,8485	0,8037
PZ	0,8815	0,9216	0,8187	0,8879

Tabulka 41: Hurstovy exponenty pro pacienta J V OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_J_V_OFF				
LX	0,9101	0,9133	0,8811	0,9108
LY	1,1107	1,1228	0,9119	0,9747
LZ	0,6018	0,6097	0,6113	0,7728
PX	0,9511	1,0396	1,0009	1,0458
PY	0,4815	0,9445	0,5548	0,8796
PZ	0,7203	0,7079	0,6903	0,7809

Tabulka 42: Hurstovy exponenty pro pacienta J V ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_J_V_ON				
LX	0,9237	0,8960	0,9267	0,8794
LY	1,0209	0,8838	1,0131	1,0859
LZ	0,7294	0,6523	0,5266	0,5829
PX	0,9735	0,8387	0,9702	0,9813
PY	1,0255	0,9700	0,9238	0,9099
PZ	0,6561	0,5824	0,5441	0,7012

Tabulka 43: Hurstovy exponenty pro pacienta S Z OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_S_Z_OFF				
LX	0,7972	0,7847	0,9139	0,8949
LY	0,9696	0,9313	1,1150	1,0273
LZ	0,4789	0,5215	0,5049	0,4415
PX	1,0199	0,9296	1,0595	0,9733
PY	0,9101	1,0250	0,8978	1,0969
PZ	0,5358	0,4905	0,5244	0,6137

Tabulka 44: Hurstovy exponenty pro pacienta S Z ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_S_Z_ON				
LX	0,8989	0,8781	0,9344	0,9496
LY	1,0747	0,9763	1,0232	1,0674
LZ	0,4812	0,5836	0,4789	0,6717
PX	0,9434	0,8963	0,9631	0,9413
PY	1,0168	1,0494	1,0319	1,0864
PZ	0,6219	0,3484	0,6074	0,5365

Tabulka 45: Hurstovy exponenty pro pacienta J O OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110805_J_O_OFF				
LX	0,7996	0,7169	0,7056	0,7899
LY	0,7425	0,7657	0,6122	0,7131
LZ	0,8827	0,8874	0,8021	0,8100
PX	0,7236	0,8047	0,8282	0,6642
PY	0,6819	0,6751	0,7092	0,5006
PZ	0,8428	0,8523	0,8115	0,7535

Tabulka 46: Hurstovy exponenty pro pacienta J O ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110805_J_O_ON				
LX	0,8222	0,8644	0,9602	0,8217
LY	0,4902	0,6584	0,4943	0,5814
LZ	0,7963	0,8672	0,8256	0,8182
PX	0,8693	0,8391	0,8424	0,8763
PY	0,7606	0,7872	0,8510	0,9525
PZ	0,7895	0,6972	0,7924	0,7886

Tabulka 47: Hurstovy exponenty pro pacienta F V NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110909_F_V_NOR				
LX	0,8981	1,1101	1,0067	1,0383
LY	0,9212	1,1158	0,8671	0,8724
LZ	0,5217	0,4189	0,6391	0,6224
PX	0,8446	0,8470	0,8630	0,8439
PY	0,9827	0,9635	1,0194	1,0880
PZ	0,6851	0,6479	0,6782	0,6990

Tabulka 48: Hurstovy exponenty pro pacienta H P NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110909_H_P_NOR				
LX	1,0794	0,9805	0,8776	1,0411
LY	0,8507	0,8561	0,6929	0,9601
LZ	0,6467	0,7348	0,6542	0,4489
PX	0,9316	0,8822	0,8773	0,8582
PY	1,0068	0,8925	0,9626	0,9533
PZ	0,7628	0,6463	0,4816	0,7371

## Příloha 2: Tabulky přibližné entropie

Tabulka 49: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B I NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110107_B_I_NOR				
LX	0,2342	0,2661	0,2996	0,3782
LY	0,2985	0,2939	0,3277	0,2898
LZ	0,1845	0,2140	0,1796	0,1819
PX	0,4640	0,4221	0,3153	0,5261
PY	0,4185	0,4338	0,3852	0,6003
PZ	0,4029	0,3309	0,2849	0,4204

Tabulka 50: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta K V OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110114_K_V_OFF				
LX	0,5293	0,3361	0,4370	0,3618
LY	0,4107	0,3453	0,3766	0,3366
LZ	0,2809	0,2629	0,2640	0,2729
PX	0,4816	0,2756	0,3690	0,2888
PY	0,2834	0,2828	0,3527	0,2975
PZ	0,2513	0,3188	0,3437	0,2827

Tabulka 51: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta K V ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110114_K_V_ON				
LX	0,3927	0,3566	0,3175	0,3652
LY	0,4573	0,4022	0,3083	0,4414
LZ	0,3475	0,3135	0,3368	0,2593
PX	0,3929	0,3978	0,3013	0,4178
PY	0,3350	0,4885	0,3364	0,3540
PZ	0,2805	0,3999	0,2986	0,2870

Tabulka 52: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R E NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110128_R_E_NOR				
LX	0,2627	0,3040	0,2350	0,3861
LY	0,2465	0,2368	0,2494	0,5604
LZ	0,1656	0,2207	0,1824	0,2477
PX	0,2735	0,2932	0,3239	0,3433
PY	0,3129	0,3224	0,3558	0,2847
PZ	0,2069	0,2633	0,2103	0,2003

Tabulka 53: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B J OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110204_B_J_OFF				
LX	0,1548	0,1172	0,1663	0,1569
LY	0,2194	0,2301	0,1720	0,1762
LZ	0,1685	0,1874	0,1740	0,1645
PX	0,1934	0,2265	0,1790	0,2048
PY	0,2009	0,3442	0,1710	0,1930
PZ	0,2271	0,2182	0,1703	0,1846

Tabulka 54: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B J ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110204_B_J_ON				
LX	0,2378	0,2205	0,2562	0,2784
LY	0,2215	0,2442	0,2494	0,2526
LZ	0,1990	0,1715	0,2118	0,2437
PX	0,2757	0,2157	0,2483	0,2186
PY	0,2572	0,3272	0,2645	0,2483
PZ	0,2349	0,2804	0,2688	0,2056

Tabulka 55: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta B J ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110225_R_K_NOR				
LX	0,2754	0,4382	0,3363	0,4772
LY	0,3662	0,3300	0,3012	0,3956
LZ	0,2090	0,2183	0,1983	0,2622
PX	0,2704	0,3521	0,3846	0,5739
PY	0,3239	0,3542	0,3368	0,3804
PZ	0,2147	0,2887	0,2217	0,2729

Tabulka 56: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R K NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110225_R_K_NOR				
LX	0,2754	0,4382	0,3363	0,4772
LY	0,3662	0,3300	0,3012	0,3956
LZ	0,2090	0,2183	0,1983	0,2622
PX	0,2704	0,3521	0,3846	0,5739
PY	0,3239	0,3542	0,3368	0,3804
PZ	0,2147	0,2887	0,2217	0,2729

Tabulka 57: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta G A OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_G_A_OFF				
LX	0,1699	0,1558	0,1735	0,1745
LY	0,1551	0,1756	0,1981	0,1783
LZ	0,1455	0,1297	0,1478	0,1578
PX	0,2026	0,2500	0,1892	0,2419
PY	0,1876	0,2207	0,1436	0,1827
PZ	0,1635	0,1808	0,1363	0,1400

Tabulka 58: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta G A ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_G_A_ON				
LX	0,2275	0,1968	0,2238	0,2716
LY	0,2034	0,2167	0,1873	0,2201
LZ	0,1552	0,1606	0,1805	0,1953
PX	0,2636	0,2399	0,2110	0,1948
PY	0,2302	0,2334	0,1698	0,2103
PZ	0,1789	0,2188	0,2347	0,1822

Tabulka 59: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R J OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_R_J_OFF				
LX	0,3074	0,4620	0,2913	0,3562
LY	0,4990	0,6296	0,3626	0,6355
LZ	0,2937	0,3184	0,2561	0,3303
PX	0,5866	0,6857	0,6540	0,6404
PY	0,5970	0,7494	0,6597	0,7822
PZ	0,5076	0,5846	0,5795	0,5676

Tabulka 60: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta R J ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110408_R_J_ON				
LX	0,5127	0,4409	0,4496	0,5244
LY	0,4275	0,5253	0,5107	0,4921
LZ	0,5002	0,6371	0,4400	0,5249
PX	0,4925	0,4221	0,4767	0,4775
PY	0,5992	0,6275	0,4956	0,6515
PZ	0,5060	0,4578	0,5594	0,5279

Tabulka 61: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta H V OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_H_V_OFF				
LX	0,1418	0,1341	0,1671	0,1522
LY	0,1362	0,2106	0,1586	0,1627
LZ	0,1649	0,1594	0,1814	0,1615
PX	0,1584	0,1944	0,1859	0,2220
PY	0,1740	0,2297	0,2307	0,2548
PZ	0,1773	0,2116	0,2399	0,2791

Tabulka 62: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta H V ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_H_V_ON				
LX	0,2920	0,1740	0,2485	0,1902
LY	0,2240	0,2064	0,2103	0,1750
LZ	0,2218	0,2109	0,1795	0,1692
PX	0,1990	0,2147	0,1836	0,2319
PY	0,2378	0,3046	0,3051	0,3600
PZ	0,2454	0,2811	0,2132	0,2572

Tabulka 63: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta O J OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_O_J_OFF				
LX	0,4860	0,4154	0,4083	0,3572
LY	0,4404	0,4683	0,3416	0,3964
LZ	0,2698	0,3271	0,2524	0,2545
PX	0,3897	0,3544	0,3686	0,5176
PY	0,2514	0,3293	0,2461	0,3785
PZ	0,1919	0,2916	0,2413	0,2745



Tabulka 64: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta O J ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110506_O_J_ON				
LX	0,3190	0,3122	0,3170	0,3510
LY	0,3324	0,3737	0,4463	0,3841
LZ	0,2148	0,3084	0,2487	0,2244
PX	0,2928	0,2605	0,4781	0,3305
PY	0,2823	0,3818	0,3000	0,3448
PZ	0,2114	0,2515	0,2824	0,2256

Tabulka 65: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta E E OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110513_E_E_OFF				
LX	0,3805	0,2465	0,3014	0,3219
LY	0,2845	0,2875	0,2853	0,2748
LZ	0,2295	0,2572	0,1981	0,2221
PX	0,3412	0,3245	0,3821	0,3330
PY	0,4272	0,2819	0,4201	0,3426
PZ	0,3414	0,2852	0,3325	0,3004

Tabulka 66: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta E E ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110513_E_E_ON				
LX	0,1982	0,2588	0,2600	0,2853
LY	0,2224	0,2155	0,3198	0,2314
LZ	0,1964	0,2562	0,2496	0,2455
PX	0,2339	0,3365	0,2503	0,2891
PY	0,2954	0,2946	0,2721	0,2800
PZ	0,2620	0,2670	0,2826	0,2920

Tabulka 67: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta C P NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110524_C_P_NOR				
LX	0,2896	0,3979	0,3307	0,4768
LY	0,3009	0,5947	0,4894	0,5637
LZ	0,2046	0,2487	0,1782	0,1978
PX	0,3705	0,3572	0,4567	0,4769
PY	0,4819	0,4866	0,6572	0,6432
PZ	0,2139	0,2661	0,2774	0,2212

Tabulka 68: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta G J NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110524_G_J_NOR				
LX	0,5170	0,6204	0,4600	0,6148
LY	0,6645	0,6358	0,6145	0,6774
LZ	0,4533	0,6526	0,4335	0,4938
PX	0,6003	0,7425	0,5791	0,6426
PY	0,6091	0,5767	0,7671	0,7320
PZ	0,6318	0,7729	0,7824	0,7899

Tabulka 69: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta M J NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110531_M_J_NOR				
LX	0,3653	0,4291	0,4720	0,4293
LY	0,2765	0,3272	0,3390	0,4676
LZ	0,1704	0,2261	0,2688	0,1956
PX	0,3593	0,3647	0,3864	0,2728
PY	0,4628	0,4277	0,4919	0,3678
PZ	0,1520	0,2634	0,1410	0,1705

Tabulka 70: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta K V NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110609_K_V_NOR				
LX	0,1934	0,2702	0,2918	0,3260
LY	0,3143	0,3112	0,2725	0,4195
LZ	0,1566	0,2817	0,2077	0,1749
PX	0,3866	0,4239	0,5314	0,4005
PY	0,5672	0,5339	0,4438	0,3220
PZ	0,2655	0,2613	0,3711	0,2857

Tabulka 71: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta V A OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110701_V_A_OFF				
LX	0,1574	0,1771	0,1669	0,2503
LY	0,1603	0,1408	0,1298	0,1910
LZ	0,2165	0,2132	0,1831	0,2410
PX	0,1296	0,1451	0,1854	0,1639
PY	0,1438	0,1670	0,1714	0,1722
PZ	0,2491	0,2360	0,2582	0,2425

Tabulka 72: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta V A ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110701_V_A_ON				
LX	0,3111	0,3197	0,2319	0,3190
LY	0,3018	0,2912	0,3555	0,3862
LZ	0,2305	0,1967	0,2099	0,2135
PX	0,3004	0,2797	0,2726	0,3557
PY	0,3772	0,2833	0,3674	0,3181
PZ	0,3334	0,2233	0,3151	0,2409

Tabulka 73: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J A OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110708_J_A_OFF				
LX	0,2776	0,3344	0,3199	0,3273
LY	0,2146	0,3019	0,2913	0,3445
LZ	0,1895	0,1996	0,1884	0,2236
PX	0,2270	0,2279	0,1941	0,2187
PY	0,2451	0,2916	0,2584	0,2692
PZ	0,2256	0,2053	0,1744	0,2375

Tabulka 74: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J A ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110708_J_A_ON				
LX	0,2776	0,2600	0,2952	0,3066
LY	0,2775	0,3000	0,2651	0,2659
LZ	0,1943	0,2156	0,2028	0,1906
PX	0,2261	0,2106	0,2258	0,2747
PY	0,3229	0,3513	0,2669	0,2874
PZ	0,2784	0,2387	0,2255	0,1852

Tabulka 75: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J V OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_J_V_OFF				
LX	0,3247	0,3696	0,3700	0,3642
LY	0,3377	0,2897	0,3259	0,3736
LZ	0,2404	0,2201	0,2168	0,2293
PX	0,3337	0,6039	0,3791	0,4575
PY	0,5031	0,5624	0,4947	0,4621
PZ	0,2576	0,3017	0,2256	0,2329

Tabulka 76: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J V ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_J_V_ON				
LX	0,5189	0,4816	0,5235	0,4529
LY	0,3801	0,3223	0,5385	0,4271
LZ	0,3237	0,4243	0,4047	0,4300
PX	0,5268	0,5880	0,3873	0,4315
PY	0,4104	0,5578	0,3075	0,3136
PZ	0,3094	0,4088	0,1867	0,3712

Tabulka 77: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta S Z OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_S_Z_OFF				
LX	0,5088	0,4956	0,5598	0,6578
LY	0,5069	0,5085	0,4919	0,6299
LZ	0,2088	0,2257	0,2490	0,2002
PX	0,3711	0,4496	0,2480	0,2920
PY	0,4524	0,2718	0,3404	0,2252
PZ	0,2682	0,2428	0,1455	0,2404

Tabulka 78: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta S Z ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110729_S_Z_ON				
LX	0,3223	0,5505	0,5745	0,6134
LY	0,5495	0,5766	0,6941	0,5563
LZ	0,2489	0,2677	0,3079	0,3106
PX	0,3379	0,4424	0,3420	0,4548
PY	0,2859	0,3372	0,2769	0,4782
PZ	0,1831	0,2460	0,1563	0,2213

Tabulka 79: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J O OFF

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110805_J_O_OFF				
LX	0,2336	0,2291	0,2721	0,2440
LY	0,2318	0,1826	0,2037	0,2057
LZ	0,1348	0,1353	0,1168	0,1369
PX	0,1865	0,3263	0,2445	0,2433
PY	0,1951	0,2781	0,1812	0,2145
PZ	0,1555	0,2307	0,2237	0,2098

Tabulka 80: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta J O ON

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110805_J_O_ON				
LX	0,3055	0,3849	0,2789	0,3586
LY	0,1911	0,2905	0,1600	0,2234
LZ	0,2239	0,2131	0,1595	0,1499
PX	0,3791	0,3638	0,3780	0,4037
PY	0,2493	0,3219	0,2786	0,3079
PZ	0,2786	0,2959	0,3154	0,3297

Tabulka 81: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta F V NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110909_F_V_NOR				
LX	0,3389	0,2104	0,4663	0,3127
LY	0,2422	0,2583	0,3664	0,3270
LZ	0,1633	0,1709	0,2750	0,2348
PX	0,3217	0,3498	0,2626	0,2581
PY	0,4244	0,3666	0,4100	0,3487
PZ	0,2760	0,2765	0,2151	0,1975

Tabulka 82: Hodnoty přibližné entropie pro pacienta H P NOR

Pacient	TAM		ZPĚT	
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
110909_H_P_NOR				
LX	0,2440	0,4873	0,2880	0,5851
LY	0,3701	0,5944	0,4871	0,6008
LZ	0,2495	0,3407	0,2846	0,3113
PX	0,3487	0,2598	0,3304	0,3640
PY	0,2697	0,3634	0,3151	0,3253
PZ	0,2860	0,1849	0,2538	0,2074