

# КОМПЈУТЕРСКИ МЕТОД ЗА АНАЛИЗУ ПОКРЕТА РУКОМ КОД ОСОБА С ИДИОПАТСКОМ ПАРКИНСОНОВОМ БОЛЕШЋУ И ОСОБА СА ЦЕРЕБЕЛАРНИМ СИНДРОМОМ

Оливера ЂОРЂЕВИЋ<sup>1</sup>, Мирјана Б. ПОПОВИЋ<sup>2,3</sup>, Владимир КОСТИЋ<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Клиника за рехабилитацију „Др Мирослав Зотовић”, Београд; <sup>2</sup>Центар за мултидисциплинарне студије Универзитета у Београду, Београд; <sup>3</sup>Центар за сензорно-моторну интеракцију Универзитета у Албургу, Данска; <sup>4</sup>Институт за неурологију, Клинички центар Србије, Београд; <sup>5</sup>Медицински факултет Универзитета у Београду, Београд

## КРАТАК САДРЖАЈ

Циљ овог истраживања је био да се опише развој компјутерског метода за праћење кинематике покрета руком код болесника с идиопатском Паркинсоновом болешћу (ИПБ) у раној фази и болесника са церебеларним синдромом. Метод је базиран на аутоматском бележењу координата шаке при цртању дужи и круга и анализи параметара који одликују покрет (време, пређени пут, средња и највећа брзина, профил брзина, прецизност). Студија у којој је примењена предложена методологија на десет испитаника са ИПБ у раној фази је показала да они спорије извршавају задатке уз очувану прецизност, а да је продужено време при цртању кружнице. Анализа код осам испитаника са церебеларном дегенерацијом је показала да они оба задатка извршавају уз продужење пређеног пута, уз нормално време покрета и смањену средњу и највећу брзину при цртању дужи. Једина статистички значајна разлика између ове две групе болесника је добијена у односу на дужину пређеног пута, а уочене су и одређене специфичности у профилима брзина при цртању дужи. Клиничка импликација је препознавање параметара поремећаја, потенцијално типичних за ове две групе болесника: средња брзина покрета код болесника са ИПБ и пређени пут код болесника са церебеларним синдромом.

**Кључне речи:** идиопатска Паркинсонова болест, церебеларни синдром, кинематика, цртање, дуж, кружница

## УВОД

Регулација моторике подразумева фасилитацију жељених, уз истовремену супресију неадекватних, односно нежељених покрета. Клинички је прихваћена хипотеза о улози базалних ганглија у овој регулацији. Истовремено, церебелум је једна од кључних структура која учествује у формирању коректне метрике и силе покрета. Поремећаји њихових активности доводе до промена моторног понашања. Најпознатији клинички синдром везан за поремећај базалних ганглија је паркинсонизам. Моторни феномени који чине овај синдром највише су проучавани код идиопатске Паркинсонове болести (ИПБ). Одликују су спорим извођењем покрета (брадикинезија), уз отежану иницијацију вољних покрета (акинезија) и смањеном амплитудом покрета (хипокинезија), тремором, ригидитетом и постуралном нестабилношћу. Клиничка слика оштећења церебелума обухвата губитак координације покрета услед губитка правилне метрике покрета, поремећаја правилне временске организације секвенци сложеног покрета и покрета који се одвијају на нивоу више зглобова, што доводи до атаксије. Болесници са церебеларним синдромом праве просторне грешке, које покушавају да исправе правећи контрапокрете.

У клиничким условима знаци поремећене моторике код болесника с различитим неуролошким обољењима откривају се помоћу класичних тестова који су део неуролошког прегледа. Компјутерски метод који предлагемо за праћење и анализу покрета руком код болесника са идиопатском Паркинсоновом болешћу и болесника са церебеларним синдромом обухвата два различита моторичка задатка: цртање

дужи задате почетним и крајњим координатама и цртање кружнице задате референтним моделом.

## ЦИЉ РАДА

Циљ рада је био да се на поменутиим задацима уоче кинематички параметри који су статистички значајни за сваку групу болесника и да се онда овај метод користи као додатни инструмент у клиничкој евалуацији. Подешавањем временског распореда мерења и терапије лековима може се добити директна повратна информација о њиховој корелацији.

## МЕТОД РАДА

### Болесници

Испитивање је обухватило три групе испитаника: десет болесника с идиопатском Паркинсоновом болешћу (група 1) [1], осам болесника са церебеларним дегенеративним обољењем (група 2) и десет контролних испитаника (група 3). Здравих испитаника су били слични оболелим испитаницима по старости, при чему је значајност разлике у старости између група тестирана једноструким методом ANOVA ( $F=0,738$ ;  $p>0,05$ ). Демографске и клиничке одлике испитаника приказане су у табели 1 [2].

### Опрема

Опрему су чинили: дигитализована табла за цртање са бежичним мишем (*CalComp Drawing Board III*

ТАБЕЛА 1. Одлике испитаника по групама.  
TABLE 1. Group characteristics.

Одлике / Група Characteristics / Group	ИПБ PD	Церебеларни синдром Cerebellar syndrome	Контрола Control
Број испитаника у групи Number of subjects	10	8	10
Старост ( $\bar{X} \pm SD$ ; опсег) Age ( $\bar{X} \pm SD$ ; range)	57.6 $\pm$ 7.8 (48-67)	49.5 $\pm$ 17.1 (26-73)	54.5 $\pm$ 16.2 (21-70)
Пол (м/ж) Sex (m/f)	9/1	8/0	4/6
Десноруки / Леворуки Right-handed / Left-handed	9/1	8/0	10/0
Образовање (основно/средње/више/високо) School (primary/high/college/university)	0/7/1/2	0/6/1/1	1/4/2/3
Трајање болести ( $\bar{X} \pm SD$ ; опсег) Duration of disease ( $\bar{X} \pm SD$ ; range)	3.3 $\pm$ 6.3 (1-10)	5.6 $\pm$ 8.2 (0-14)	-
Терапија у време испитивања (број испитаника) Drugs (number of patients)	Леводопа / L-dopa (1) Трихексифенидил Trihexyphenidyl (1) Моклобемид Moclobemide (1)	-	-
HY стадијум за болеснике с ИПБ (број испитаника) HY stage for PD patients (number of patients)	XY=1 (8) XY=1.5 (1) XY=2 (1)	-	-

$\bar{X}$  – средња вредност;  $SD$  – стандардна девијација; м – мушкарци; ж – жене; ИПБ – идиопатска Паркинсонова болест; HY – Hoehn & Yahr клинички стадијум [1]

$\bar{X}$  – mean value;  $SD$  – standard deviation; m – male; f – female; PD – Parkinson's disease; HY – Hoehn & Yahr clinical stage [1]

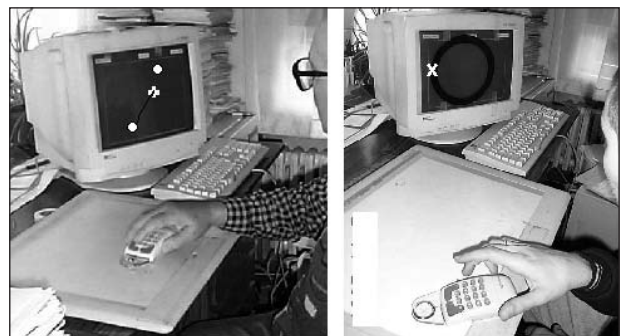
305 $\times$ 457) [3, 4], софтвер за аквизицију и складиштење података [4], софтвер за процесирање података *Excel*, *Matlab* 6.0, софтвер за статистичку обраду података *SPSS* 10.0, рачунар, камера, радни сто и столица са подешавањем висине.

### Задаци

Дигитализована табла је постављена на радни сто за којим седи испитаник у најудобнијем положају за цртање (Слика 1). Померањем миша по табли, на монитору се визуелизује остварена путања. У првој сесији испитаник се припрема за коришћење табле и магнетског миша. После тога поступак цртања се понавља пет пута у једном блоку ради испитивања способности понављања. Испитаник има два задатка: да нацрта дуж и да нацрта круг. У првом задатку потребно је да између две задате тачке обележене на монитору испитаник једним потезом нацрта дуж, а у другом задатку да мишем прати задату кружну путању обележену на монитору брзином која њему највише одговара, без враћања или исправљања потеза. У првом задатку правац је константан и дефинисан крајњим координатама, док се у другом задатку правац мења у свакој тачки и дефинисан је референтним моделом у свакој од њих. Први задатак припада групи једноставних задатака: у инструкцијама је наведено да испитаник изведе покрет у јединственом потезу, без „сецкања” тока покрета и поправљања иницираног правца. Правац који испитаник треба да репродукује својим покретом није задат реалним моделом дужи, већ само терминалном тачком до које треба да дође. У другом задатку од испитаника се захтевало стално прилагођавање покрета новом правцу, али читав ток покрета има референтни модел.

### Обрада података

За сваки покрет руком забележене су координате ( $x$ ,  $y$ ). Рачунате су следеће кинематичке променљиве:  $t$  – средње време трајања покрета (1) за дуж (1.1) и за круг (1.2);  $s$  – пређени пут (2) при цртању дужи (2.1), односно круга (2.2), као индиректна мера прецизности;  $v_{\text{средња}}$  – средња брзина (3) у сваком покушају цртања дужи (3.1), односно круга (3.2); прецизност покрета, односно величина одступања реалне путање покрета (4) за дуж (4.1), односно за круг (4.2) од референтног модела;  $v_{\text{max}}$  – највећа брзина покрета цртања дужи (5); брзина у свакој тачки покрета цртања дужи, односно круга, на основу којег је формиран



СЛИКА 1. Испитаник седи испред дигиталне табле на којој бежичним мишем црта (лево) дуж (задатак 1: на екрану су почетна и крајња тачка референтне дужи означене бело) и (десно) кружницу (задатак 2: црни круг на екрану представља референтни круг). Кретање миша по дигиталној табли испитаник прати на монитору рачунара кретањем курсора. Подаци се прикупљају и складиште ради касније обраде.

FIGURE 1. Study subject is sitting in front of digitizing table while drawing with cordless mouse (left) line (task 1: line end points are white on screen) and (right) circle (task 2: black circle on the screen is a reference). Subject follows the cursor representing the mouse movement on the screen. Data are obtained and stored for later analysis.

профил брзина. Све наведене променљиве су обрађене помоћу програма SPSS формирањем општег линеарног модела.

Напомена: Прецизност за дуж је рачуната као средње квадратно одступање од референтне дужи (задата је почетним и крајњим координатама) и означена као *ODSTUP* (4.1). Прецизност за круг је рачуната трима величинама: 1. средње квадратно одступање од референтног круга (задат координатама центра и величином пречника) и означено је као *KVODS* (4.2.1); 2. апсолутна грешка за круг (апсолутно одступање од референтног круга) и означена је као *APODS* (4.2.2); и 3. одступање од референтне трајекторије круга – позитивно је означено као *PLUS*, негативно као *MINUS*, као и њихова разлика – означена као *RAZLIKA* (4.2.3).

## РЕЗУЛТАТИ

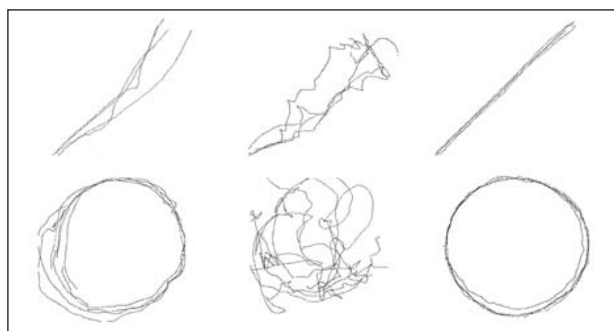
Ради визуелне процене, сви покушаји цртања оба задатка све три групе испитаника су прво приказани графички. Репрезентативни примери реализованих трајекторијама дужи и кружнице су приказани на слици 2 за све испитанике.

Коришћењем статистичког пакета SPSS формиран је општи линеарни модел и примењен на све снимљене трајекторије дужи и кружнице, на основу чега су добијени следећи статистички резултати.

### 1. средње време трајања покрета

1.1. за дуж (*ANOVA* са поновљеним мерењима): нема значајне разлике у средњем трајању покрета цртања дужи између испитаника три групе ( $F_{(2,25)}=1,830$ ;  $p=0,181$ ), нити се средње време трајања покрета значајно разликује од првог до петог покушаја ( $F_{(4,100)}=0,873$ ;  $p=0,483$ ), нити је показан значајан ефекат интеракције „група пута број покушаја” ( $F_{(8,100)}=1,484$ ;  $p=0,172$ ).

1.2. за круг: постоји статистички значајна разлика у средњем трајању покрета круга, и то између испитаника групе 1 и групе 3 (*ANOVA* са поновљеним мерењима, Бонферонијев метод *post hoc* анализе разлике:



СЛИКА 2. Репрезентативни примери.

Горњи ред: задатак 1 – дуж; доњи ред: задатак 2 – кружница. Лева колона: болесник са Паркинсоновом болешћу; средња колона: болесник са церебеларним синдромом; десна колона: испитаник контролне групе.

Сваки пример приказује неколико узастопних покушаја цртања.

FIGURE 2. Representative examples.

Upper trace: task 1 – line; lower trace: task 2 – circle.

Left column: patient with Parkinson's disease; middle column: patient with cerebellar syndrome; right column: control subject.

Each example presents several consecutive trials.

$p<0,05$ ). Средње трајање покрета цртања круга се не разликује од првог до петог покушаја, али је на граници статистичке значајности ( $F_{(4,100)}=2,432$ ;  $p=0,052$ ). Нема интеракције „број покушаја пута група”.

### 2. пређени пут

2.1. за дуж: постоји статистички значајна разлика у дужини пређеног пута, и то између испитаника групе 2 и групе 3 (*ANOVA* са поновљеним мерењима, *post hoc* Бонферони:  $p<0,05$ ), као и између испитаника групе 1 и групе 2 ( $p<0,05$ ). Унутаргрупна варирања вредности пређеног пута за дуж између различитих покушаја нису статистички значајна, нити има интеракције „група пута број покушаја”.

2.2. за круг: постоји статистички значајна разлика у дужини пређеног пута између испитаника групе 2 и групе 3 (*ANOVA* са поновљеним мерењима, *post hoc* Бонферони:  $p<0,05$ ). Унутаргрупна варирања вредности пређеног пута за круг између различитих покушаја нису статистички значајна, нити има интеракције „група пута број покушаја”.

### 3. средња брзина

3.1. за дуж: постоји статистички значајна разлика у средњој брзини за дуж између испитаника групе 1 и групе 3 (*ANOVA* са поновљеним мерењем, *post hoc* Бонферони:  $p<0,05$ ), као и између испитаника групе 2 и групе 3 ( $p<0,05$ ). Унутаргрупна варирања између различитих покушаја нису статистички значајна; интеракција „група пута број покушаја” је на граници статистичке значајности ( $F_{(8,96)}=2,002$ ;  $p=0,054$ ).

3.2. за круг: постоји статистички значајна разлика у средњој брзини за круг између испитаника групе 1 и групе 3 (*ANOVA* са поновљеним мерењем, *post hoc* Бонферони:  $p<0,05$ ). Између испитаника осталих група нема статистички значајне разлике. Унутаргрупна варирања брзина између различитих покушаја су статистички значајна ( $F_{(4,100)}=3,329$ ;  $p=0,01$ ); нема интеракције „група пута број покушаја”.

### 4. прецизност

4.1. за дуж: *ODSTUP* није статистички значајно различит (*ANOVA*; *post hoc* Бонферони), док је *post hoc* тест *LSD* показао статистички значајну разлику између испитаника групе 2 и групе 3 ( $p=0,039$ ).

#### 4.2. прецизност за круг

4.2.1. средње квадратно одступање од референтног круга (*KVODS*): нема статистички значајне разлике између испитаника три групе.

4.2.2. апсолутно одступање од референтног круга (*APODS*): без статистички значајне разлике између испитаника три групе.

4.2.3. позитивна и негативна одступања реалне трајекторије од референтног круга: статистички значајна разлика између група није показана ни код пребацавања (*PLUS*,  $p>0,05$ ), ни код подбацавања (*MINUS*,  $p>0,05$ ), нити у разлици (*RAZLIKA*,  $p=0,251$ ). Исти поступак је примењен и за половицу круга, где такође није показана статистички значајна разлика у овим променљивим између испитаника три групе (за *PLUS*  $p>0,05$ ; за *MINUS*  $p>0,05$ ; за *RAZLIKU*  $p>0,05$ ).

### 5. максималне брзине из профила брзина за покрет цртања дужи

Испитаници групе 3 (контролне групе) показују значајно већу максималну брзину, која је статисти-

ТАБЕЛА 2. Сумарни преглед статистичких резултата.  
TABLE 2. Statistics summary.

Број задатка Number of task	Променљива Variable	ИПБ у односу на контроле PD in respect to control	Церебеларни синдром у односу на контроле Cerebellar syndrome in respect to control
Задатак 1 Task 1	Време Time	дуже longer	дуже longer
	Пут Path	дужи* longer*	дужи* longer*
	Средња брзина Mean velocity	мања* smaller*	мања* smaller*
	Највећа брзина Maximum velocity	мања* smaller*	мања* smaller*
	Одступање Movement away	веће bigger	веће bigger
Задатак 2 Task 2	Време Time	дуже* longer*	дуже longer
	Пут Path	дужи longer	дужи* longer*
	Средња брзина Mean velocity	мања* smaller*	мања smaller
	Одступање Movement away	веће bigger	веће bigger

\* – статистички значајна разлика; ИПБ – идиопатска Паркинсонова болест; \* – statistically significant difference; PD – Parkinson's disease

чки значајно различита него код испитаника групе 1 (*post hoc* Бонферони:  $p < 0,05$ ;  $LSD$  0,01) и групе 2 (са значајном разликом показаном  $LSD$  процедуром  $p < 0,05$ ).

У табели 2 су приказани резултати статистичке обраде са тежиштем на међусобном поређењу група 1 и 2 у односу на групу 3 за задатке 1 и 2. У првом задатку болесници с ИПБ се, у односу на испитанике контролне групе, статистички значајно разликују по средњој и највећој брзини, док се болесници са церебеларним синдромом статистички разликују по средњој и највећој брзини, као и дужини пређеног пута у односу на испитанике контролне групе.

У другом задатку болесници с ИПБ се, у односу на испитанике контролне групе, статистички значајно разликују по времену и средњој брзини, док се болесници са церебеларним синдромом статистички разликују по дужини пређеног пута у односу на контролне испитанике.

У првом задатку обе групе болесника имају статистички значајно смањену и средњу и највећу брзину у односу на здраве испитанике. Код другог задатка ниједан од израчунатих кинематичких параметара није статистички значајно различит истовремено за обе групе болесника у односу на испитанике контролне групе. Посебно је профил брзине при цртању дужи типичан за сваку групу испитаника (Слика 3).

## ДИСКУСИЈА

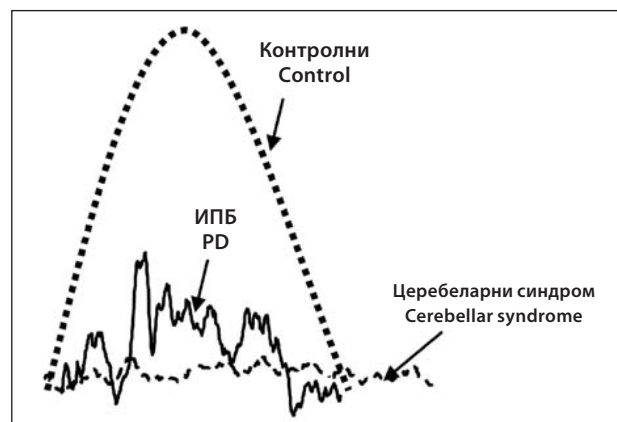
### Група 1: болесници с идиопатском Паркинсоновом болешћу у раној фази

#### Средња брзина и време њарања покретја

Брадикинетски квалитет покрета је одлика и простих и сложених покрета [1]. Понављани, симулта-

ни, сложени покрети са променама правца су нарушени као концепт, што се манифестује тиме да се прости покрети изводе још спорије у саставу сложеног покрета, са паузама између простих покрета [5]. Резултати нашег истраживања су показали значајно мању средњу брзину у оба моторна задатка у односу на испитанике контролне групе, што је у сагласности са клиничким искуством и резултатима већине студија о брзини покрета у којима су испитаници „самостално бирали” брзину покрета [6, 7].

Наши резултати такође показују да је време извођења покрета дуже, и то статистички значајно само када је у питању цртање кружнице. То би могла бити последица „недовољног оптерећења” константним правцем када је у питању цртање дужи, а „довољним оптерећењем” у случају промене правца при цртању кружнице. Слично томе, Бепу (*Верри*) и сарадници [15] су утврдили продужено време сложених брзих



СЛИКА 3. Профили брзина при цртању дужи за репрезентативне узорке све три групе испитаника. Стреотипни „облик звона” је измењен код обе групе болесника, али на различит начин.

FIGURE 3. Velocity profile during drawing a line for representatives from all three groups. Common “bell shape” was changed in both groups of patients, but in a different way.



покрета приликом цртања квадрата и троуглова, са продуженим паузама на теменима геометријских фигура (места промене правца покрета), закључујући да су тешкоће ових болесника у генерисању сложених покрета који се одвијају у више зглобова последица отежаног извођења моторних програма.

#### *Прецизност и укључени људи*

Резултати нашег истраживања не показују статистички значајне разлике у односу на испитанике контролне групе у средњем квадратном одступању када је у питању цртање дужи, као и средњем квадратном одступању, апсолутном одступању и позитивном и негативном одступању када је у питању цртање кружнице, што није у складу са резултатима студије Хо-хермана (*Hocherman*) и Нира (*Nir*) [8], али је у складу са студијом Лиуа (*Liu*) и сарадника [9], у којој аутори истичу да болесници нису били значајно непрецизнији током извођења визуелно вођених, али спорих покрета. Укупан пређени пут није статистички значајно различит у односу на испитанике контролне групе. Студије Мајсака (*Majsak*) и сарадника [6] и Бекеринга (*Bekkering*) и сарадника [7] показују сличне резултате када су у питању интерно и екстерно вођени покрети (наметнута брзина покрета). Наиме, слично дизајнирани експерименти показали су да повећање захтева за брзином (споља одређена или наметнута вредност) не мења прецизност код болесника са Паркинсоновом болешћу у поређењу са испитаницима контролне групе [6, 7]. Истовремено, ови болесници су значајно непрецизнији када сами спонтано одређују брзину свог покрета. Овај однос мање брзине и очуване прецизности је последица тзв. механизма *speed-accuracy trade off*, за који постоје резултати великог броја истраживања *pro* [10, 11] *et contra* [12-14].

#### *Профил брзина*

Покрет цртања дужи мења профил брзине (Слика 3). У поређењу са доминантно унимодалним профилима (*bell shape* – облик звона) код здравих испитаника, са јасно израженим фазама убрзања и успорења, болесници са ИПБ једноставан унидирекциони покрет изводе са мањом максималном брзином; њихов профил има дискретне фазе убрзања и успорења, а профил доминира трећа фаза, тзв. плато брзина. У оквиру овог релативног платоа јављају се мале осцилације брзина: секундарни покрети приближно једнаких, малих брзина и мале променљивости. Профил брзина указује на ригидну параметризацију покрета, а секундарни покрети би могли бити објашњење брадикинетског квалитета покрета. „Развлачење” профила брзина је чест резултат студија: према студији Мајсака и сарадника [6], оно је на рачун смањене максималне брзине, продужене фазе убрзања и продуженог трајања покрета. Наша анализа указује на брадикинетски квалитет покрета, поремећен однос фаза убрзања и успорења, недовољну параметризацију покрета (одржавање брзина око платоа) и секвенцијализацију, што би могао да буде компензаторни феномен недовољ-

не параметризације или „остаји” поремећеног концепта покрета, тј. последица нарушавања извршења моторног програма.

#### **Група 2: болесници са церебеларним синдромом**

##### *Средња брзина људи*

Наши резултати испитивања средње брзине показују да је она статистички значајно мања само када је у питању цртање дужи, али не и када је у питању цртање кружнице, што је у складу са концептом о утицају визуелног одговора (енгл. *feedback*) на извођење покрета. Смањене највеће и средње брзине за дуж у складу су са бројним доказима да оштећења церебелума имају за последицу успорење покрета [16, 17].

##### *Прецизност и укључени људи*

Значајно дужи пређени пут у оба моторна задатка у складу је са претпостављеном улогом церебелума у координацији покрета, а чији се дефицит упадљиво манифестује код сложенијих покрета. Пређени пут је био значајно дужи код болесника са церебеларним синдромом и у поређењу са болесницима с ИПБ. Пошто је пређени пут индиректна мера прецизности, његово продужење указује на некоординисан покрет, приликом којег болесник није у стању да спроведе покрет са параметрима који ће га најефикасније довести до циља. Ове резултати подржава и значајно већа променљивост пређеног пута и квадратно одступање од референтног правца за дуж. Сличне резултате добили су и Барардели (*Barardelli*) и сарадници [16], који су у својој студији тестирали кинематичке особине покрета брзе флексије у зглобу лакта код испитаника са церебеларним синдромом.

Одступања од референтне трајекторије и продужење пута су нарочито упадљиви код веома брзих покрета [17], као и код сложених покрета, за чију је реализацију неопходна активност више зглобова [18, 19]. Наиме, истраживања кинематичких одлика сложених покрета руком који се одвијају у зглобу рамена и лакта [18, 19] показала су да су ови покрети непрецизни, хиперметријски, па је и забележена дужина путање те руке значајно дужа у поређењу са здравим испитаницима.

Путање добијене као резултат цртања круга, за разлику од дужи, статистички значајно не одступају од референтног круга. Потенцијално објашњење овог феномена је да испитаник при цртању дужи дефинисане правцем нема прилику да, као за кружницу, из тачке у тачку, целим током покрета прилагођава реализовану трајекторију, односно нема тако „деталан” визуелни фидбек. За здравог испитаника ове разлике у захтевима нису значајне, али за болесника са церебеларним синдромом оне су фактор „потенцирања нестабилности” система. Могуће је да је порекло ове врсте поремећаја у оштећењу тзв. визуомоторне трансформације и краткотрајне моторне меморије, што су домени регулације церебеларних неуронских петљи.

### Профил брзина

Многе студије су показале асиметричан профил брзина са несразмерно продуженом фазом убрзања за брзе или прецизне покрете [19]. У нашем испитивању изостао је врхунац брзине који раздваја убрзање од успорења, нижа је вредност брзина и профил је декомпонован на више секундарних покрета који се одликују различитим вредностима највећих брзина (Слика 3). Сличне резултате, мању максималну брзину, сакадични модел трајекторија и алтернирајући или сакадичан ток брзина током покрета утврдили су и Бепу и сарадници [15] у својој студији, где је моторна контрола покрета анализирана испитивањем особина покрета флексије у лакту код испитаника са церебеларним синдромом и здравих, контролних испитаника. За прецизне покрете описани профил брзина се одржава, што може да буде компензаторни механизам за одржавање прихватљиве прецизности. Велика детериоризација трајекторије праћена упадљивим променама профила брзина указује на недовољност те потенцијалне компензујуће стратегије или су дати профили и сама оригинална манифестација декомпозиције покрета, продукције неконзистентних параметара покрета, неадекватне координације, тј. недовољне онлајн (*on line*) регулације покрета, типичне за оштећење церебелума.

### ЗАКЉУЧАК

Разлике које су добијене као резултат испитивања две групе испитаника (болесници с ИПБ и болесници са церебеларним синдромом) на два теста (задатак цртања дужи и задатак цртања круга) међусобно, као и у односу на здраве испитанике контролне групе сумиране су у даљем тексту.

Између две групе оболелих статистички значајна разлика постоји само у односу на путању дужи: болесници са церебеларним синдромом цртају дужу путању него болесници с ИПБ. У односу на здраве испитанике контролне групе, обе групе испитаника статистички значајно мањом средњом и највећом брзином цртају дуж, док је пређени пут статистички значајно дужи само код болесника са церебеларним синдромом.

Између две групе оболелих нема статистички значајне разлике ни по једном кинематичком параметру при цртању кружнице. У односу на здраве испитанике, болесницима с ИПБ потребно је статистички значајно више времена за цртање кружнице уз истовремену статистички значајно мању средњу брзину цртања, док болесници са церебеларним синдромом цртају статистички значајно дужу путању кружнице.

Коришћењем ова два једноставна теста у свакодневној клиничкој пракси може се направити база података за детаљнију анализу покрета руком код болесника са Паркинсоновом болешћу и болесника са церебеларним синдромом. Анализом ове базе могле би да се утврде ране промене моторне контроле руке, а истовремено да се свакодневно прате у односу на специфичну терапију. Статистичка анализа би по-

себно омогућила испитивање варијабилности промена у односу на врсту лечења. Развијена методологија би такође могла да се искористи у развоју стратегија за превазилажење деградације покрета руком.

Идентификација поремећених кинематичких параметара, као и њихова корелација са класичним клиничким знацима значајна је у евалуацији болесника јер омогућава боље разумевање тока и прогнозе болести.

### ЗАХВАЛНОСТ

Дугујемо захвалност Министарству науке и заштите животне средине Србије за делимично финансирање рада на овом пројекту.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967; 55:259-72.
2. Đorđević O. Kinematička analiza pokreta kod oštećenja malog mozga i Parkinsonove bolesti [magistarska teza]. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu; 2003.
3. Popović MB, Kostić V, Džoljić E, Ercegović M. A rapid method to detect motor blocks in Parkinson's disease patients during volitional hand movements. *Srp Arh Celok Lek* 2002; 130(11-12):376-81.
4. Popović M. Computer imput modalities. *Proceedings of the Seventh Annual Conference on Information Technologies IT 2002; 2002 February; Žabljak, Crna Gora.* p. 228-34.
5. Marsden CD. Slowness of movement in Parkinson's disease. *Movement Disorder* 1989; 4(1):S26-S37.
6. Majsak MM, et al. The reaching movements of patient with PD under self-determined speed. *Brain* 1998; 121:755-6.
7. Bekkering H, et al. The preparation and execution of saccadic eye and goal-directed hand movement in patients with Parkinson's disease. *Neurophysiologia* 2001; 39(2):173-83.
8. Hocherman S, Nir G. Visuomotor abnormalities in patients with unilateral parkinsonism. *Neurology* 1998; 50:1648-54.
9. Liu X, Tubbesing SA, Aziz TZ, et al. Effects of visual feedback on manual tracking and action tremor in Parkinson's disease. *Exp Brain Res* 1999; 129:477-81.
10. Sheridan MR, Flowers KA. Movement variability and bradykinesia in Parkinson's disease. *Brain* 1990; 113:1149-61.
11. Phillips JG, Martin KE, Bradshaw JL, Iansek R. Could bradykinesia in Parkinson's disease simply be compensation? *J Neurol* 1994; 241:439-47.
12. Isenberg C, Conrad B. Kinematic properties of slow arm movements in Parkinson's disease. *J Neurol* 1994; 241:323-30.
13. Sheridan MR, Flowers KA, Hurrell J. Programming and execution of movement in Parkinson's disease. *Brain* 1987; 110:1247-71.
14. Teasdale N, Phillips J, Stelmach GE. Temporal movement control in patients with Parkinson's disease. *J Neurolog Neurosurg Psychiatry* 1990; 53:862-8.
15. Beppu H, Suda M, Tanaka R. Analysis of cerebellar motor disorders by visually guided elbow tracking movement. *Brain* 1984; 107:787-809.
16. Berardelli A, Hallett M, Rothwell JC, et al. Single-joint rapid arm movements in normal subjects in patients with motor disorders. *Brain* 1996; 119:661-74.
17. Topka H, Konczyk J, Dichgans J. Coordination of multi-joint arm movement in cerebellar ataxia: Analysis of hand and angular kinematics. *Exp Brain Res* 1998; 119:483-92.
18. Goodkin HP, Keating JG, Martin TA, Thach WT. Preserved simple and impaired compound movement after infarction in the territory of the superior cerebellar artery. *Can J Neurol Sci* 1993; 20(Suppl):93-104.
19. Massaquoi SG, Hallett M. Kinematics of initiating a two-joint arm movement in patients with cerebellar ataxia. *Can J Neurol Sci* 1996; 23:3-14.

## COMPUTERIZED METHOD FOR ARM MOVEMENT ASSESSMENT IN PARKINSON'S DISEASE AND CEREBELLAR SYNDROME PATIENTS

Olivera ĐORĐEVIĆ<sup>1</sup>, Mirjana B. POPOVIĆ<sup>2,3</sup>, Vladimir KOSTIĆ<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Clinic of Rehabilitation „Dr. Miroslav Zotović“, Belgrade; <sup>2</sup>Center for Multidisciplinary Studies, Belgrade University, Belgrade; <sup>3</sup>Center for Sensory Motor Interaction, Aalborg University, Denmark; <sup>4</sup>Institute of Neurology, Clinical Center of Serbia, Belgrade; <sup>5</sup>School of Medicine, Belgrade University

### BACKGROUND

In clinical setting, the symptoms of the impaired motor behavior in patients with different neurological diseases are identified by classical tests incorporated in clinical neurological examination. New computerized methods for objective motor assessment have been recently suggested in the literature.

We developed computerized method for assessment and evaluation of arm movement in patients with Parkinson's disease (PD) in early phase and in patients with cerebellar syndrome. Method is based on automatic acquisition of hand coordinates during drawing of line and circle, and off-line analysis of kinematic parameters (time duration, path length, mean and maximal velocity, velocity profile, and precision). Clinical application is in recognition and follow-up of the impaired kinematic parameters, specific for these two groups of patients.

### AIM

We propose computerized method that consists of two motor tasks: Task 1- drawing a line defined with end points; and Task 2 – drawing a circle defined by referential model. The first task was rather simple with defined direction, and the second included continuous change of the direction that required permanent adjustment. The aim was to detect which kinematic parameters were particularly different in PD and in patients with cerebellar syndrome in relation to healthy controls, and then to apply this method as an additional instrument in clinical evaluation.

### METHODS

Hand trajectories were assessed during simple self-paced 1) point-to-point movement-Task 1; and 2) circle-Task 2, by cordless magnetic mouse in a hand on digitizing board (Drawing board III, 305x457 mm, GTCO Cal Comp Inc). The subjects were seated in a relaxed manner on the chair adjusted to the table height, and instructed not to correct drawn line during performance of a task. The first session was for practicing the tests only, and in the next session, the subjects repeated 5 times each task. All sessions were videotaped with CCD camera. Testing included three groups: 10 Parkinsonian patients, 8 patients with cerebellar syndrome and 10 healthy controls, age matched, with not known neurologic motor or sensory disorders. Data were obtained using custom-made software written in C++, and stored in computer for further analysis. Data were

analyzed using the Excel (ver. 9.0) and MatLab (ver. 6.0). The following kinematic parameters were calculated: time duration, path length, mean and maximal velocity, velocity profile and precision, and then statistically processed. Generalized linear model was formed in SPSS 10.0.

### RESULTS

The data from all subjects and from all trials for two tasks were first visually inspected. In the first task, PD patients significantly differed in relation to controls in the following parameters: mean and maximal velocity, while in the second task, time duration and mean velocity were significantly different. For patients with cerebellar syndrome in relation to controls, mean and maximal velocity, and path length were significantly different for the first task, while in the second task, path length. For the task to draw a line, both groups of patients had statistically smaller mean and maximal velocities in respect to controls, and for the drawing of a circle, none parameter was at the same time statistically different for both groups in regard to controls. Between the two groups of patients, the only statistically different kinematic parameter was the length of drawn line. The velocity profile for the same task was shown as characteristic for the three groups.

### CONCLUSION

Identifying the abnormal kinetic parameters of hand movement as well as their correlation with classical clinical signs could be highly important in the process of patient's motor control status evaluation, and could enable better understanding of the course and prognosis of specific pathological entity.

**Key words:** idiopathic Parkinson's disease, cerebellar syndrome, kinematics, drawing, line, circle

Mirjana POPOVIĆ  
Centar za multidisciplinarnе studije  
Univerziteta u Beogradu  
Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd  
Poštanski fah 33  
Tel: 011 305 6810, 011 207 8465  
E-mail: mpo@ibbi.ibiss.bg.ac.yu