

## БРЗ МЕТОД ЗА ОТКРИВАЊЕ МОТОРНИХ БЛОКОВА У ТОКУ ВОЉНИХ ПОКРЕТА РУКОМ КОД ОСОБА С ПАРКИНСОНОВОМ БОЛЕШЋУ

Мирјана Б. ПОПОВИЋ<sup>1,3</sup>, Владимир КОСТИЋ<sup>2</sup>, Елеонора ЦОЉИЋ<sup>2</sup>,  
Марко ЕРЦЕГОВАЦ<sup>2</sup>

1. Центар за мултидисциплинарне студије Универзитета у Београду; 2. Институт за неурологију Клиничког центра Србије, Београд; 3. Центар за сензорно моторну интеракцију Универзитета у Албургу, Данска

**КРАТАК САДРЖАЈ:** Поједини болесници с Паркинсоновом болешћу доживљавају повремене невољне блокаде приликом покрета екстремитета. Ова појава је у литератури описана најчешће за ход, говор, писање и куцање по тастатури и позната је под називом „фризинг“ (енгл: *freezing* = замрзавање) или моторни блок. Клиничка евалуација моторних блокова компликована је због њихове варијабилности, како код појединца, тако и између појединаца. Други фактор који отежава њихову евалуацију јесте корелисаност с временом уношења лекова. Ми смо развили компјутерски метод за анализу покрета руке „оф лајн“ којом се болесници од Паркинсонизма класификују у две групе. Код једне групе се појављују моторни блокови, а код друге – када су покрети без моторних блокова. Класификатор је дефинисан кинематичким показатељима моторног блока: трајањем, бројем и временом (тренутком) настајања моторног блока. Класификатор је одређен упоређивањем с одликама исте врсте покрета руке код контролне групе испитаника, која се састојала од осам здравих особа, сличне доби и без неуролошких и моторних проблема. Метод је затим примењен код осам особа с Паркинсоновом болешћу, код којих је већ клинички идентификован „фризинг“ при ходу и/или индикован при покрету руку. Резултат компјутерске анализе 350 (50 × 7 дана) покрета руком по дигиталној плочи између две тачке јесте да су три болесника сврстана у групу с моторним блоковима а пет у групу без моторних блокова. Предлажемо да се овај једноставни и ефикасни метод користи као додатни инструмент у клиничкој евалуацији болесника с Паркинсоновом болешћу. Подешавањем реда мерења и терапије лековима према времену предложени алгоритам омогућава директну повратну информацију о њиховој корелисаности.

*Кључне речи:* Паркинсонова болест, „фризинг“, моторни блок, покрет руком, кинематика. (СРП АРХ ЦЕЛОК ЛЕК).

### УВОД

Моторни блокови се односе на пролазне периоде у којима намеравања вољна моторна делатност бива краткотрајно паузирана [1-3]. То је тренутно, неплакирано стање имобилизације која вероватно настаје услед дефицита у иницијацији или симултаном, односно секвенцијском извршавању покрета. Цилади (Гилади) и сарадници [3] су предложили да се користи општи израз „моторни блок“ да би се истакле (типизирале) све изненадне епизоде „фризинга“, прекида у покрету или оклевање у специфичним ситуацијама. У литератури се изрази „фризинг“, моторни блокови или моторни „фризинг“ најчешће користе за дефинисање исте врсте недостатка. Клиничка евалуација моторних блокова отежана је великом варијабилношћу њихове појаве код истог болесника, између болесника, као и израженом корелацијом њихове појаве с временом примене терапије [4].

Моторни блокови се јављају у великом броју оболела, али су најчешће повезани с Паркинсоновом болешћу. Као такви, они проширују класичне знаке Паркинсонове болести, као што су акинезија, брадикинезија, ригидитет, тремор и поремећај постуралних механизма [1]. Испољава се код 32 посто [3] до 60 посто [5] особа с Паркинсоновом болешћу. У почетку јављања моторни блокови најчешће се не уочавају евалуацијом хода у клиничким условима, али болесници указују на њихову појаву у кућним условима (нпр.,

48 посто при почињању покрета и 23 посто у току хода [6]). Моторни блокови типично настају касније после почетка болести, али истовремено нису у значајној корелацији са животном доби болесника [2]. Пол није фактор ризика [7], иако се моторни блокови више уочавају код женских особа [5]. Појављују се у фазама „он“ и „оф“ у току терапије ел-допом [8] и вероватно су корелисани с трајањем терапије ел-допом [3, 9]. Студија која је укључила 800 особа с Паркинсоновом болешћу показала је директну корелацију појаве моторних блокова с трајањем болести [10]. Истовремено је показано да је њихова појава у директној корелацији с развојем тешкоћа у говору и равнотежи, а мање с погоршањем брадикинезије и напредовањем ригидитета. Овакви резултати подржавају концепт да се моторни блокови разликују од брадикинезије. У неким студијама је показано да нема конзистентне корелације с трајањем болести и третмана ел-допом (2).

Моторни блокови у току интерно временски одређених ритмичких покрета (нпр., ход, говор, писање, куцање по тастатури) у новије време се детаљно истражују [7-12]. При ходу се препознаје као оклевање у старту, блокирање при окрету или блокирање у узним просторима [3, 7]. Код извршавања задатка мануалног куцања по тастатури такође је уочена појава моторних блокова и која је квантификована као посебан знак Паркинсонове болести [13].

Уочено је да особе с Паркинсоновом болешћу могу да савладају блокирање покрета уз помоћ спољних/унутрашњих стимулуса – сензорних, вербалних или когнитивних [14-16], иако они у неким случајевима могу и да узрокују моторне блокове [17]. Код већине особа с Паркинсоновом болешћу, помоћни апарати, посебно они засновани на визуелним стимулусима, нису увек ефикасни у спречавању моторних блокова у фази „он“ [15]. У неким случајевима може чак и да се иницира или појача њихова појава (нпр., говорни задатак утиче на појаву моторних блокова при ходу [14]). Унутрашњи фактори (негативне емоције, ментални притисци или сазнања) могу да изазову настанак моторних блокова [7].

У скорије време су развијене субјективне стратегије које могу да помогну у превазилажењу појаве моторних блокова (нпр., вежбање релаксирања и когнитивни поступци, као што је гласно бројање [14]). То има функциони значај у клиничком третману, али, што је много важније, обезбеђује и бољи квалитет живота особа с Паркинсоновом болешћу. Студија о морталитету и учестаности хоспитализације спроведена у пет европских земаља указала је на велики проценат болесника с Паркинсоновом болешћу [18].

#### ЦИЉ РАДА

У клиничким условима се уобичајено посматрају класични знаци поремећене моторике код особа с Паркинсоновом болешћу. За њихову објективну квантификацију у новије време су предложени нови методи мерења [12,19-21] засноване на примени компјутера. Они не укључују и праћење појаве као што су моторни блокови. Ми предлагемо једноставан и ефикасан компјутерски метод за мониторинг моторних блокова при вољним покретима руком. Осим стандардног рачунара „пи-си“, у који се инсталира наш програм (софтвер), потребна је још само дигитална табла. Анализа покрета се обавља „оф лајн“, а резултат су подаци који говоре о учестаности појаве моторних блокова, њиховом трајању, као и о тренутку настанка у односу на укупно трајање покрета.

#### МЕТОД РАДА

Осам болесника с Паркинсоновом болешћу и осам здравих особа сличне животне доби (Табела 1) прихватили су да буду тестирани. Степен изражености симптома Паркинсонове болести приказиван је према скали Хен и Јара (Hoehn and Yabra), уз укупан резултат тестова UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale). За време укупног тестирања болесници су били на оптималној антипаркинсонској терапији. Тестирање је трајало 7 узастопних дана и увек је било у исто доба дана.

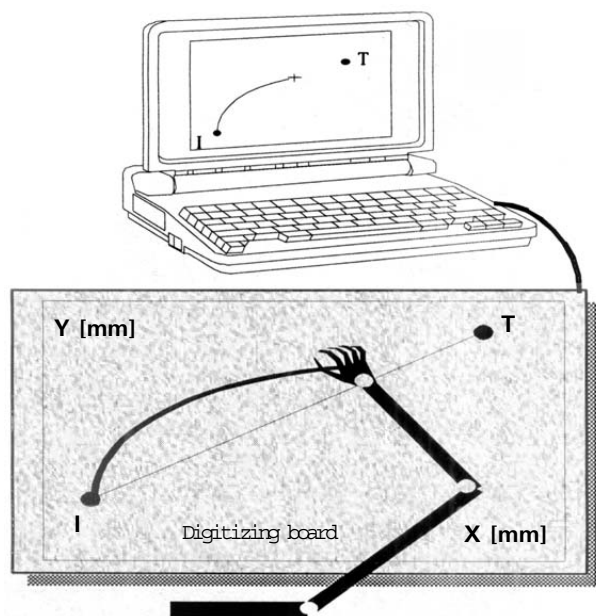
Уређаји који се користе за тестирање састоје се од једне дигиталне табле (Drawing board III, 305 X 457 mm, GTCO CalComp Inc), с магнетским „мишем“ и персоналним рачунаром, постављених испред болесника на столу. Од испитаника се тражи да повуче линију између две назначене тачке на дигиталној табли на најприроднији и њему најпогоднији начин

(Слика 1). Резолуција табле је 1000 линија/cm, а тачност 0,25 mm у хоризонталном и вертикалном правцу. Повучена линија је „семплована“ с учестаношћу од 100 Hz, а подаци су пренети у рачунар. За ту сврху је састављен програм (у компјутерском језику це-плус).

Основна обрада и детаљна анализа урађени су у програму MatLab 5.3 (MatWorks Co). Анализирани су кинематички параметри трајекторија шаке, а резултати приказани графички и нумерички. Сачињена је опција да се изведени покрети могу посматрати „оф лајн“ ради визуелне процене квалитета покрета.

Из низа кинематичких параметара издвојили смо за анализу три параметра, као кинематичке показатеље моторних блокова: трајање моторног блока (MBT), број моторних блокова у току једног покрета (N) и тренутак почињања моторног блока (t).

Трајање моторног блока (MBT) је дефинисано као време за које се не мењају координате (x, y) и изражено је у односу на укупно трајање покрета (T) у процентима:  $MBT_{\%} = MBT/T (\%)$ . Уколико у току једног покрета (линија између



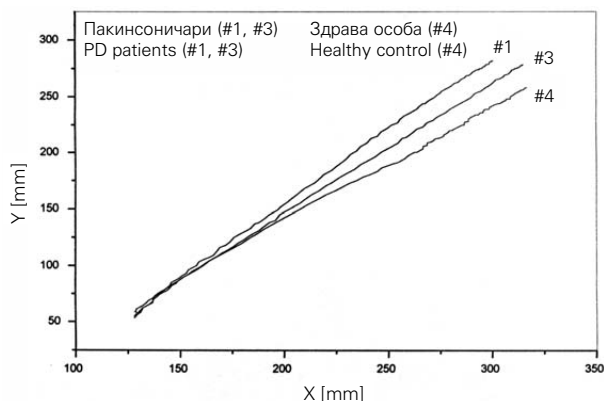
СЛИКА 1. Тестирање. Субјект који седи за столом на коме је дигитална табла има задатак да повуче линију од почетне тачке I до крајње тачке T. Снимљени подаци се преносе у рачунар.

Figure 1 Testing: A subject seated in front of the digitizing board has to draw the line from initial point I to target point T. Recorded data are loaded in the computer.

ТАБЕЛА 1. Одлике болесника и здравих контролних субјеката.  
TABLE 1. Characteristics of patients and healthy controls.

| Група<br>Group   | Паркинсоничари<br>PD patients | Здрави контролни<br>Healthy controls |
|--|-------------------------------|--------------------------------------|
| Број / пол<br>Number / gender  | 8/ 5ж+3м<br>8/ 5f+3m          | 8/ 5ж+3м<br>8/ 5f+3m                 |
| Старост (Средња вредност, опсег у годинама)<br>Age (Mean, range in years)                      | 53.4<br>(43-75)               | 6.25<br>(2-12)                       |
| Трајање болести (Средња вр, опсег у годинама)<br>Duration of disease (Mean, range in years)    | 52.8<br>(41-73)               | Није примењиво<br>NA                 |
| Трајање терапије и (Средња вр, опсег у годинама)<br>Duration of therapy (Mean, range in years) | 4.3<br>(3-10)                 | Није примењиво<br>NA                 |
| Средњи Н&Y <sup>1</sup> стадијум on/off, опсег<br>Mean Н&Y <sup>1</sup> stage on/off, range    | 2.5/3<br>(1-3/15,5-5)         | Није примењиво<br>NA                 |
| Средњи UPDRS <sup>2</sup> III on/off, опсег<br>Mean UPDRS <sup>2</sup> III on/off range        | 27.3/38.2<br>(12-45/25-72)    | Није примењиво<br>NA                 |

1) Н&Y, Hoehn & Yahr Clinical [22] stage of PD; 2) UPDRS, Unified Parkinson's Disease Scale [23]



СЛИКА 2. Трајекторије (XY) шаке. Непроцесирани подаци за болеснике од паркинсонизма: #1 (4-ог дана, 26-и покрет) и #3 (2-ог дана, 23-и покрет); и здраву особу #4 (5-ог дана, 48-и покрет);

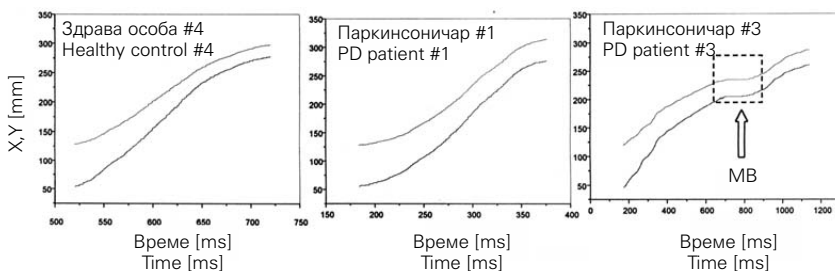
FIGURE 2. Hand drawings (XY plots). Row data of PD patient #1 (on 4<sup>th</sup> day, 26<sup>th</sup> trial), PD patient #3 (on 2<sup>th</sup> day, 23<sup>th</sup> trial), and healthy control #4 (on 5<sup>th</sup> day, 48<sup>th</sup> trial).

две задате тачке) настане више од једног моторног блока ( $N > 1$ ), онда је покрет разложен на делове с блоковима и без и њих. Укупан моторни блок ( $mbt$ ) је тада дефинисан као сума појединачних моторних блокова ( $MBT_i$ ):  $mbt = MBT_1 + MBT_2 + MBT_3 + \dots$  и изражен у односу на трајање целокупног покрета у процентима:  $mbt_{\%} = mbt/T (\%)$ . Почетак моторног блока ( $t$ ) је одређен моментом почињања моторног блока и изражен је у односу на укупно трајање покрета у процентима:  $t_{\%} = t/T (\%)$ .

Алгоритам затим укључује класификатор покрета, одређен помоћу просечне величине кинематичких показатеља моторних блокова исте врсте покрета, измерених код здравих особа. За сваког болесника од Паркинсонове болести затим се мере исти параметри и упоређују с просечном величином исте старосне групе. Применом статистичког пакета (ANOVA), а на основу статистичке значајности разлике ( $p < 0,01$ ), кинематичких показатеља моторних блокова између особа с Паркинсоновом болешћу и здравих особа, сваки болесник се сврстава у једну од две групе: с појавом моторних блокова и без појаве моторних блокова.

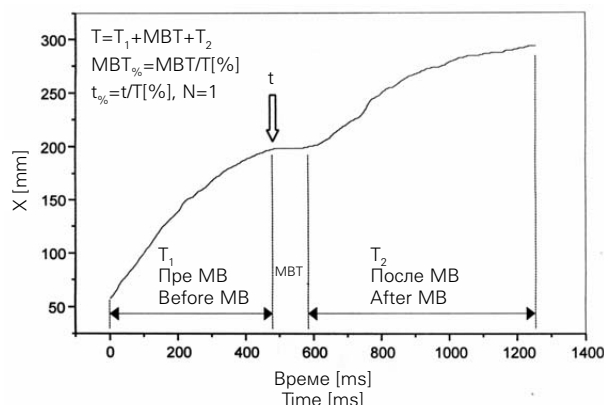
### РЕЗУЛТАТИ

Трајекторије (xy) свих покрета код свих болесника и здравих особа процесирани су и анализиране. Слика 2 показује типичне трајекторије снимљене код



СЛИКА 3. Хоризонтална (x) и вертикална (y) компонента трајекторије шаке са слике 2. Лево: болесник #4; средина: болесник (#1); десно: болесник (#3). MB означава моторни блок.

FIGURE 3. Horizontal (x) and vertical (y) components of hand trajectories shown in Fig.2. Left: healthy control #4; Middle: PD patient #1; Right: Patient #3. MB is a motor block.



СЛИКА 4. Детаљни приказ хоризонталне (x) коомпоненте покрета болесника #3 са слике 3 (десно). Време је раложено у три узастопна периода: пре моторног блока, моторни блок ( $N = 1$ ) и после моторног блока. Почетак моторног блока је означен с  $t$ . Трајање моторног блока ( $MBT$ ), као и његов почетак, могу да се изразе у процентима у односу на укупно трајање покрета:  $MBT_{\%}$  и  $t_{\%}$ . У приказаном примеру је  $MBT_{\%} = 9$  посто и  $t_{\%} = 40$  посто. Приказани су процесирани подаци.

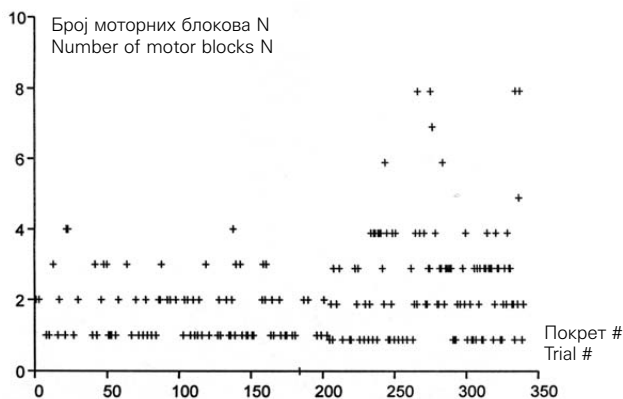
FIGURE 4. Detailed presentation of the horizontal (x) component of hand drawing in PD patient #3 from Fig. 3 (right). Time is decomposed into three consecutive periods: before motor block, motor block, and after motor block. Motor block onset is denoted with:  $t$ . Motor block duration (MBT) and start ( $t$ ) can be expressed in percentage of movement duration as  $MBT_{\%}$ , and  $t_{\%}$ . In the example presented,  $MBT_{\%} = 9\%$  and  $t_{\%} = 40\%$ . Processed data are shown.

особа с Паркинсоновом болешћу (#1 и #3), као и код здраве особе (#4) у координатном систему (xy). Није уочљива разлика између ових трајекторија.

Ако се компоненте (x, y) трајекторија прикажу у зависности од времена (Слика 3), може се код неких уочити појава једног или више „платоа“ (Слика 3, десно). Уочљива је разлика између пара координата (x,y) трајекторија субјекта #3 (десно) и субјекта #4 (у средини) и #1 (лево), као и сличност између субјекта #3 и субјекта #1. Увидом у податке о испитаницима, закључујемо да овакав графички приказ показује да је само један број покрета код особа оболелих од Паркинсонове болести сличан покретима здравих особа. На слици 3, то је покрет болесника #3, што није случај с приказаним покретом оболеле особе #4.

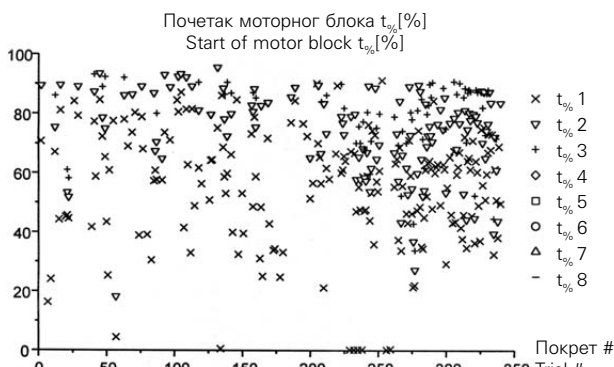
Слика 4 детаљно приказује кинематичке показатеље моторних блокова ( $MBT, N, t$ ).

Анализом кинематичких показатеља моторних блокова, тј., трајања моторних блокова ( $MBT$ ), броја моторних блокова у току једног покрета ( $N$ ), као и почетка настанка моторних блокова ( $t$ ) свих снимљених трајекторија шаке, утврђено је да су они код неких покрета величине нула; у осталим, где су величине различите од нуле, они су врло променљиви, како код једног болесника, тако и између њих. Сlike 5, 6 и 7



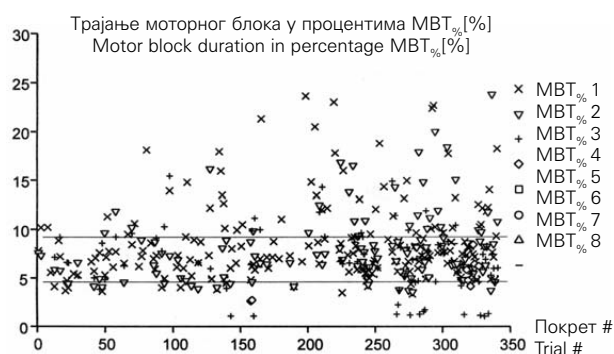
СЛИКА 5. Интерваријабилност броја моторних блокова ( $N$ ) за болесника #3 у току 7 дана тестирања (350 изведених покрета). Највећи број моторних блокова је био  $N = 8$ .

FIGURE 5. Inter-variability of a number of motor blocks ( $N$ ) of patient #3 during 7 testing days (350 trials). The highest number of motor blocks was  $N = 8$ .



СЛИКА 6. Интерваријабилност момента почетка моторних блокова ( $t_{\%}$ ) код болесника #3 у току 7 дана тестирања (350 изведених покрета).

FIGURE 6. Inter-variability of MB appearance ( $t_{\%}$ ) of the patient #3 during 7 testing days (350 trials).



СЛИКА 7. Интерваријабилност трајања моторног блока ( $MBT_{\%}$ ) код болесника #3 у току 7 дана тестирања (350 изведених покрета). Највећи број моторних блокова је трајао 5-10 посто од трајања покрета.

FIGURE 7. Inter-variability of the duration of motor blocks ( $MBT_{\%}$ ) of patient #3 during 7 testing days (350 trials). The majority of motor blocks lasted between 5 and 10 % of the movement duration.

приказују како се мењају ови параметри за једног болесника током 7 дана тестирања (50 покрета  $\times$  7 дана = 350 покрета).

Анализом података са слике 5 добијамо следеће резултате о променљивости броја моторних блокова ( $N$ ) Током седмодневног тестирања, код болесника #3 је била следећа расподела броја моторних блокова у току покрета: 45 посто покрета је без моторних блокова ( $N = 0$ ); 20 посто ( $N = 1$ ); 15 посто ( $N = 2$ ); 11,5 посто ( $N = 3$ ); 5,7 посто ( $N = 4$ ); 0,3 посто ( $N = 5$ ); 0,7 посто ( $N = 6$ ); 0,3 посто ( $N = 7$ ) и 1 посто ( $N = 8$ ). То значи да је скоро половина покрета (45 посто или 157 од 350 тестираних) била без моторних блокова, а да је у другој половини покрета било од једног до осам моторних блокова.

Расподела процентуалног трајања моторних блокова ( $MBT_{\%}$ ) у односу на укупно трајање покрета ( $T$ ) при томе је била следећа: у 14,5 посто покрета процентуално трајање мотомних блокова у опсегу је било од 0 до 5 посто ( $MBT_{\%} = 0-5$  посто); 56 посто ( $MBT_{\%} = 5-10$  посто); 22 посто ( $MBT_{\%} = 10-15$  посто); 5,5 посто ( $MBT_{\%} = 15-20$  посто) и 2 посто ( $MBT_{\%} = 20-25$  посто). Није било блокова који су трајали дуже од 25 посто од укупног трајања покрета. Овај резултат показује да је највећи број моторних блокова (56 посто) био у рангу 5-10 посто од трајања покрета  $T$ . Почетак настанка моторних блокова ( $t_{\%}$ ) показао је следећу расподелу: 3 посто блокова је почело у првој четвртини, 17 посто у другој, 36 посто у трећој и 44 посто у последњој четвртини трајања покрета. Овакав резултат показује да број мотомних блокова расте како се покрет приводи циљу.

Табела 2 приказује просечне величине: броја моторних блокова ( $N$ ), укупног трајања свих моторних блокова у процентима ( $mbt_{\%}$ ) и тренутка почетка моторних блокова у процентима ( $t_{\%}$ ) за истог болесника у току 7 дана тестирања. У последњој колони табеле 2 приказана су просечна времена трајања покрета ( $T$ ) у односу на које су израчунати  $mbt_{\%}$  и  $t_{\%}$ .

Када се сумирају резултати за осам тестираних особа с Паркинсоновом болешћу, види се да се кинематички показатељи моторних блокова статистички значајно разликују за три болесника ( $p < 0,01$ ), а за пет се не разликују статистички значајно у односу на одговарајуће просечне величине за осам здравих особа. На тај начин су три болесника класификована у групу Паркинсонових болесника код којих прили-

ТАБЕЛА 2. Дистрибуција кинематичких показатеља моторних блокова током 7 дана тестирања за болесника #3. Приказане су просечне величине са стандардном девијацијом.

TABLE 2. Distribution of kinematic indicators of motor blocks (mean  $\pm$  SD) during 7 days of testing of patient #3.

| Дан / Day | $N$           | $mbt_{\%}[\%]$ | $t_{\%}[\%]$  | $T[ms]$         |
|-----------|---------------|----------------|---------------|-----------------|
| 1         | $0.7 \pm 1.1$ | $11.8 \pm 3.1$ | $89.2 \pm 25$ | $424.4 \pm 231$ |
| 2         | $0.6 \pm 0.9$ | $14.7 \pm 3.9$ | $51.8 \pm 32$ | $297.6 \pm 78$  |
| 3         | $0.8 \pm 1$   | $6.2 \pm 1.8$  | $32.3 \pm 18$ | $307.6 \pm 122$ |
| 4         | $0.6 \pm 0.8$ | $12.8 \pm 2.3$ | $71.8 \pm 21$ | $543.4 \pm 290$ |
| 5         | $1.6 \pm 1.5$ | $15.9 \pm 4.4$ | $64.6 \pm 37$ | $293 \pm 92.8$  |
| 6         | $2.2 \pm 2.1$ | $16.3 \pm 4.8$ | $49.8 \pm 42$ | $386.7 \pm 182$ |
| 7         | $2.2 \pm 1.9$ | $16.7 \pm 6.1$ | $59.7 \pm 30$ | $438.6 \pm 249$ |

## A RAPID METHOD OF DETECTING MOTOR BLOCKS IN PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE DURING VOLITIONAL HAND MOVEMENTS

M. B. POPOVITSH<sup>1,3</sup>, V. KOSTITSH<sup>2</sup>, E. DHZOLJITSH<sup>2</sup>, M. ERCEGOVAC<sup>2</sup>

1. Centre of Multidisciplinary Studies of Belgrade University, Belgrade; 2. Institute of Neurology, Clinical Centre of Serbia, Belgrade; 3. Centre of Sensory Motor Interaction, Aalborg University, Denmark

### INTRODUCTION

An algorithm to study hand movements in patients with Parkinson's disease (PD) who experience temporary, involuntary inability to move a hand have been developed. In literature, this rather enigmatic phenomenon has been described in gait, speech, handwriting and tapping, and noted as motor blocks (MB) or freezing episodes. Freezing refers to transient periods in which the voluntary motor activity being attempted by an individual is paused. It is a sudden, unplanned state of immobility that appears to arise from deficits in initiating or simultaneously and sequentially executing movements, in correcting inappropriate movements or in planning movements. The clinical evaluation of motor blocks is difficult because of a variability both within and between individuals and relationship of blocks to time of drug ingestion.

In literature the terms *freezing*, *motor block* or *motor freezing* are used in parallel.

### AIM

In clinical settings classical manifestations of Parkinson's Disease (akinesia, bradykinesia, rigidity, tremor, axial motor performance and postural instability) are typically evaluated. Recently, in literature, new computerized methods are suggested for their objective assessment. We propose monitoring of motor blocks during hand movements to be integrated. For this purpose we have developed a simple method that comprises PC computer, digitizing board and custom made software. Movement analysis is „off line“, and the result is the data that describe the number, duration and onset of motor blocks.

### METHOD

Hand trajectories are assessed during simple volitional self paced point-to-point planar hand movement by cordless magnetic mouse on a digitizing board (Drawing board III, 305 x 457 mm, GTCO Cal Comp Inc), Fig. 1. Testing included 8 Parkinsonian patients and 8 normal healthy controls, age matched, with unknown neurologic motor or sensory disorders, Table 1. Three kinematic indicators of motor blocks: 1) duration ( $MBT_{\%}$ ); 2) onset ( $t_{\%}$ ); and 3) number (N) of MB episodes, allow identification and quantification of motor blocks. Duration of motor blocks (MBT) is defined as the time sequence when (x,y) coordinates do not change their values and is expressed in percentage from the whole movement duration  $MBT_{\%} = MBT/T$  (%). If during some movements more than one motor block occurs ( $N > 1$ ) then this movement is decomposed. The whole movement motor block (mbt) is the sum of all motor blocks  $MBT_i$ ; during the same movement and expressed in percentage from the whole movement duration  $mbt_{\%} = mbt/T$  (%). The onset of motor block (t) is determined with the beginning of motor block and expressed in percentage from the whole move-

ment duration:  $t_{\%} = t/T$  (%). After the determination of kinematic indicators of motor blocks (MBT, N, t) for healthy controls, their mean values are calculated. Statistical package ANOVA is applied to determine statistical significance of the difference between PD patients and mean values from age matched control healthy group. PD patients are then classified into two groups: one group consisting of PD patients with motor blocks and the other without motor blocks, similar to healthy controls.

### RESULTS

Acquired movements are processed and analyzed. Fig. 2 is an example of hand trajectories. Time course of (x, y) coordinates indicates motor block appearance, Fig.3. Detailed presentation of kinematic indicators of motor block (MBT, N, t) is in Fig. 4.

Intra-subject variability of these parameters is presented in Figs 5, 6 and 7 for patient #3. The results for N show that 45% of all patients' #3 movements had none motor blocks ( $N = 0$ ); 20% had  $N = 1$ ; 15% had  $N = 2$ ; 11.5% had  $N = 3$ ; 5.7% had  $N = 4$ ; 0.3 % had  $N = 5$ ; 0.7% had  $N = 6$ ; 0.3 % had  $N = 7$  and 1% had  $N = 8$  motor blocks. The results for  $t_{\%}$  show that 3% of all patients' #3 blocks started at first quarter, 17% started in the second, 36% in the third, and 44% in the last quarter of movement. The results for  $MBT_{\%}$  show that 14.5% of all movements had  $MBT_{\%}$  in the range 0-5%; 56% had  $MBT_{\%}$  5-10%; 22% had  $MBT_{\%}$  10-15%; 5.5% had  $MBT_{\%}$  15-20% and 2% had  $MBT_{\%}$  20-25%. No block lasted more than 25% from the whole movement duration.

Table 2 is the summary of mean variability for kinematic indicators of motor block (N,  $mbt_{\%}$ ,  $t_{\%}$ ) and for the movement duration T during a 7 day-testing of patients #3.

The analysis of calculated data for eight tested PD patients revealed a significant difference ( $p < 0.01$ ) between healthy controls and three PD patients; data on five PD patients were not significantly different (ns). This method clustered 3 PD patients in the group that experience motor blocks, while the rest were in the group without their significant occurrence.

### DISCUSSION

This algorithm is an additional instrument in classical evaluation of PD patients during their clinical evaluation and treatment. It provides to clinician a rapid feedback on the changes of voluntary hand movements in everyday progress of illness. Furthermore, this method could be of assistance for developing strategies to overcome motor blocks in arm movements at their beginning, as well as for the feedback of the success of drug therapy.

*Key words:* Parkinson's' disease, „freezing“, motor block, hand movement, kinematics. (SRP ARH CELOK LEK).

ком покрета руку настају моторни блокови, док је преосталих пет болесника сврстано у другу групу Паркинсонових болесника чије покрете руку не одликују моторни блокови.

### ДИСКУСИЈА

Развијен технички систем може да се користи у клиничким условима у испитивању болесника с Паркинсоновом болешћу за рано утврђивање појаве моторних блокова приликом покрета руком. Он истовремено омогућава и свакодневно испитивање варијабилности њихове појаве у односу на специфичну терапију. Идентификација моторних блокова, као и њихова корелација с класичним знацима, значајна је у клиничкој евалуацији болесника, јер омогућава боље разумевање тока и прогнозе болести. Појава моторних блокова дели особе с Паркинсоновом болешћу у две групе и њиховим понављаним испитивањем и анализом дефинисаних параметара може се формирати база података која је предуслов за разумевање појаве моторних блокова. Веома је важно да се укључи и статистичка анализа [18, 19] у обраду података, посебно да се испитује варијабилитет у односу на нпр. терапију.

### ЛИТЕРАТУРА

- Narabayashi H, Nakamura R. Clinical neurophysiology of freezing in Parkinsonism. U: Delwaide PJ, Agnoli A (Eds). Clinical Neurophysiology in Parkinsonism. Elsevier, Amsterdam 1985;49-57.
- Ringendahl H, Sierla T. Freezing phenomenon in Parkinson's disease. Fortschr Neurol Psychiatr 1997;65:435-45.
- Giladi N, McMahon D, Przedborski S, Flaster E, Guillery S, Kostic V et al. Motor blocks in Parkinson's disease. Neurology 1992;42:333-9.
- Carr J, Shepard R. Neurological Rehabilitation – Optimizing Motor Performance. Butterworth Heinemann 2000.
- Lamberti P, Armenise S, Castaldo V, de Mari M, Iliceto G, Tronci P et al. Freezing gait in Parkinson's disease. Eur Neurol 1997;38:297-301.
- Nieuwboer A, De Weerd W, Dom R, Lesaffre E. A frequency and correlation analysis of motor deficits in Parkinson patients. Disabil Rehabil 1998;20(4):142-50.
- Giladi N, Kao R, Fahn S. Freezing phenomenon in patients with parkinsonian syndromes. Mov Disord 1997;12:302-5.
- Quinn NP. Classification of fluctuations in patients with Parkinson's disease. Neurology 1998;51(2 Suppl 2):25-29.
- Stern GM, Lander CM, Lees AJ. Akinetic freezing and trick movements in Parkinson's disease. J Neural Transm Suppl 1980;16:137-41.
- Giladi N, McDermott MP, Fahn S, Przedborski S, Jankovic J, Stern M et al. Freezing of gait in PD: prospective assessment in the DATATOP cohort. Neurology 2001 26;56(12):1712-21.
- Giladi N, Traves TA, Simon ES, Shabatai H, Orlov Y, Kandinov B et al. Freezing of gait in patient with advanced Parkinson's disease. J Neur Transm 2001;108(1):53-61.
- Eichhorn TE, Gasser T, Mai N, Marquardt C, Arnold G, Schwarz et al. Computational analysis of open loop handwriting movements in Parkinson's disease: a rapid method to detect dopaminergic effects. Mov Dis 1996;11(3):289-97.
- Ziv I, Avraham M, Dabby R, Zoldan J, Daldetti R, Melamed E. Early occurrence of manual motor blocks in Parkinson's disease: a quantitative assessment. Acta Neurol Scand 1999;99:106-11.
- Camicioli R, Oken BS, Sexton G, Kaye JA, Nutt JG. Verbal fluency task affects gait in Parkinson's disease with motor freezing. J Geriatr Psychiatry Neurol 1998;11 (4):181-5.
- Darmon A, Azulay JP, Pouget J, Blin O. Posture and gait modulation using sensory or attentional cues in Parkinson disease. A possible approach to the mechanism of episodic freezing. Rev Neurol (Paris) 1999; 155(12):1047-56.
- Macht M, Ellgring H. Behavioral analysis of the freezing phenomenon in Parkinson's disease: a case study. J Behav Ther Exp Psychiatry 1999; 30(3):241-7.
- Kompoliti K, Goetz CG, Leurganns S, Morrissey M, Siegel IM. „On“ freezing in Parkinson's disease: resistance to visual cue walking devices. Mov Disord 2000;15(2):309-12.
- Berger K, Breteler MM, Helmer C, Inzitari D, Fratiglioni L, Trenkwalder C et al. Prognosis with Parkinson's disease in Europe: A collaborative study of population-based cohorts. Neurology 2000;54(11 Supl 5):524-7.
- Ghika J, Wiegner AW, Fang JJ, Davies L, Young RR, Growdon JH. Portable system for quantifying motor abnormalities in Parkinson's disease. IEEE Trans BME 1993;40(3):276-83.
- Hacisalihzade SS, Manour M, Albani C. Optimization of symptomatic therapy in Parkinson's disease. IEEE Trans BME 1989;36(2):363-72.
- Jobby A, Furnee EH, Harcos P, Tarczy M. Early detection of Parkinson's disease through automatic movement evaluation. IEEE Trans EMB 1998;March/April:81-8.
- Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. Neurology 1967;55:259-72.
- Fahn S, Marsden CD, Calne DB, Goldstein M (Eds). Recent developments in Parkinson's disease. Vol 2. Florham Park, NJ: MacMillan Health Care Information, 1987.

### Захалност

*Министарству за науку, технологију и развој Србије за делимично финансирање рада на овом пројекту, као и професору Милану Прокину с Електротехничког факултета у Београду за његов програм за рачунар који смо користили при аквизицији података.*

MIRJANA POPOVIĆ  
Centar za multidisciplinarne studije  
Univerziteta  
11 030 Beograd, Kneza Višeslava 1  
Tel./faks: 555-258  
PO BOX 33  
e-mail: mpo@ibbi.ibiss.bg.ac.yu