

## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์หาปัจจัยเสี่ยงและการติดตามความเสี่ยงต่อการหกล้มในช่วงเวลา  
กลางวันของผู้สูงอายุโดยใช้ผู้ป่วยพาร์กินสันเป็นต้นแบบในการศึกษา

Physiologic studies of nocturnal movement: Unlocking the secrets of  
nighttime falls in the elderly by using Parkinson's disease as a study model.

ศาสตราจารย์ นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

พญ.อรอนงค์ จิตรกฤษฎากุล

พญ.จิรดา ศรีเงิน

ดร.ชูศักดิ์ ธนวัฒน์

ศูนย์ความเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

## กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนทั่วไปจากรัฐบาล และกรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้โอกาสและสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจมาโดยตลอด ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ แพทย์ บุคลากรทางการแพทย์บุคลากรทางการศึกษา ผู้ป่วยและ ผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนจะเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขต่อไป

ศ.นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

มกราคม 2559

## บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปัจจัยเสี่ยงและการติดตามความเสี่ยงต่อการหกล้มในช่วงเวลากลางคืนของผู้สูงอายุโดยใช้ผู้ป่วยพาร์กินสันเป็นต้นแบบในการศึกษา

### จุดประสงค์

เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวเวลากลางคืน (night recorder) เพื่อประเมินอาการเคลื่อนไหวลำบากตอนกลางคืน หรือขณะนอนในผู้ป่วยพาร์กินสัน

### วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวเวลากลางคืน (night recorder) ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ a microcontroller, a power management module, a sensor module, a real-time clock module, and a data storage module. โดย sensor module เป็น triaxial integrated microelectromechanical systems ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ในการประเมินการเคลื่อนไหว ตำแหน่งของร่างกายจะใช้แนวแรงโน้มถ่วงเป็นค่าเปรียบเทียบ เพื่อดูค่าการพลิกตัวบนเตียงนอน ซึ่งการดำเนินงานวิจัยโดยใช้อุปกรณ์ night recorder เพื่อประเมินการพลิกตัวและการลุกจากที่นอน โดยเริ่มทำในผู้ป่วยพาร์กินสันและคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยจำนวน 6 คู่ เป็นเวลา 1 คืน ที่บ้านของผู้ป่วยเอง

### ผลการวิจัย

จากการศึกษา พบการเคลื่อนไหวขณะนอนทั้งหมด 134 ครั้ง เป็นการพลิกตัว 115 ครั้ง และการลุกจากที่นอน 19 ครั้ง โดยผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน มีจำนวนครั้งการพลิกตัวที่น้อยกว่าคู่สามีหรือภรรยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P=0.028$ ) และมุมที่เปลี่ยนแปลงในการพลิกตัวของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ก็น้อยกว่าคู่สามีหรือภรรยา อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ( $P=0.028$ ) แต่เวลาที่ใช้ในการพลิกตัวเพื่อเปลี่ยนท่า ไม่มีความแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อประเมินเป็นความเร็วและความเร่งในการพลิกตัวเปลี่ยนท่า แล้วผู้ป่วยโรคพาร์กินสันก็ยังมีความเร็วและความเร่งในการพลิกตัวเปลี่ยนท่าที่น้อยกว่าคู่สามีหรือภรรยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P=0.028$ ) นอกจากนี้ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน มีจำนวนครั้งการลุกจากที่นอนที่มากกว่าคู่สามีหรือภรรยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P=0.02$ )

### สรุป

จากการศึกษาี้ แสดงให้เห็นถึงการพัฒนา อุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder) ที่มีขนาดเล็ก ใช้ติดกับผู้ป่วยได้ง่าย สามารถบันทึกการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะประโยชน์อย่างมากกับแพทย์ผู้ดูแลผู้ป่วย เพื่อประเมินอาการช่วงกลางคืน แต่ยังคงจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อหาแนวทางการวินิจฉัยภาวะ nocturnal hypokinesia ให้ได้ครบถ้วน

## Abstract

Physiologic studies of nocturnal movement: Unlocking the secrets of nighttime falls in the elderly by using Parkinson's disease as a study model.

### *Purpose:*

To develop a portable ambulatory motion recorder (the NIGHT-Recorder) that can quantify nocturnal hypokinesia in patients with Parkinson's disease (PD).

### *Method:*

The NIGHT-Recorder consists of five modules: a microcontroller, a power management module, a sensor module, a real-time clock module, and a data storage module. The sensor module includes 16-bit digital-output triaxial integrated microelectromechanical system accelerometers that were specifically designed to measure intensity of movements and to register position of the human body with respect to gravity, providing information on rotations in the longitudinal axis while lying in bed. The signal processing utilizes the forward derivative method to identify turning over and getting out of bed as primary indicators. The prototype was tested on 6 PD pairs (6 PD patients and their spouses) to verify and measure their nocturnal movements for one night.

### *Results:*

Using pre-determined definitions, 134 discrete movements were captured in one night consisting of rolling over 115 times and getting out of bed 19 times. PD patients rolled over significantly fewer times than their spouses ( $p=0.028$ ), and the extent of position change was significantly smaller in PD patients ( $p=0.028$ ). The duration of the new position achieved following rolling over was not significantly different between the two groups. However, PD patients rolled over at a significantly slower speed ( $p=0.028$ ) and with slower acceleration ( $p=0.028$ ) than their spouses. In contrast, PD patients got out of bed significantly more often than did their spouses ( $p=0.02$ ).

### *Conclusion:*

It is technically feasible to develop an easy-to-use, portable, accurate, and cost effective device (approx. \$800) that can assist physicians in the assessment of nocturnal movements of PD patients. Additional studies are needed to develop protocols to assess the full spectrum of nocturnal akinesia in a larger number of PD patients.

## สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทนำ (Introduction)	1-7
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	
วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	
วิธีดำเนินการวิจัย	
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	
วิธีดำเนินงานวิจัย(Materials& Method)	8-16
ผลการดำเนินวิจัย (Results)	17-18
อภิปรายผล (Discussion)	19-20
สรุปผล (Conclusion)	20
บรรณานุกรม	21-23
ประวัติผู้วิจัย	24-40
ภาคผนวก	

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 1 demographic data of 6 Parkinson's disease patients and their spouses	17
ตารางที่ 2 ค่าการเคลื่อนไหวช่วงกลางคืน (ขณะนอน) ที่วัดได้จากอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder)	18

## สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 1 Microcontroller	11
ภาพที่ 2 Motion sensors	12
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะภายนอก แผงวงจร ทำจากพลาสติก ขนาด 45*65*23 mm น้ำหนัก 28.9 กรัม	13
ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ (sensor) วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder)	14
ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนไหวจาก accelerometer ใน แกน X Y Z ตามลำดับ	15

## บทนำ (Introduction)

เนื่องจากโรคพาร์กินสันเป็นโรคของความเสื่อมของระบบประสาท (neurodegenerative disorders) ที่เซลล์ประสาท dopaminergic neuron ในบริเวณของ substantial nigra มีผลทำให้ dopamine ในสมองต่ำลงจึงทำให้มีการแสดงอาการทางคลินิกได้แก่เคลื่อนไหวช้าสั่นตัวแข็งเกร็งพูดเสียงเบาและการทรงตัวไม่ดีเป็นต้นโดยอาการการเคลื่อนไหวช้า<sup>(1)</sup> เป็นอาการหลักของเกณฑ์การวินิจฉัยโรคพาร์กินสันของ United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank's clinical criteria for the diagnosis of probable Parkinson's disease (UKPDSBB) นอกจากการเคลื่อนไหวช้าที่สามารถสังเกตได้ในช่วงกลางวันของผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวแล้ว ในช่วงนอนผู้ป่วย โรคพาร์กินสัน มีปัญหาการเคลื่อนไหวน้อยในช่วงนอนร่วมด้วย ทำให้การเคลื่อนไหวขณะนอนน้อยกว่าปกติ จากการศึกษาในอดีตพบอุบัติการณ์ของการเคลื่อนไหวน้อยขณะนอนในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันถึง ร้อยละ 24 ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่อายุใกล้เคียงและสุขภาพแข็งแรง (สูงอายุ) พบประมาณ ร้อยละ 4 ซึ่งการเคลื่อนไหวน้อยในช่วงนอนทำให้เกิดปัญหาตามมาได้ เช่น การเกิดแผลกดทับ เกิดอุบัติเหตุเช่นการตกเตียง ล้มได้ เป็นต้น<sup>(2)</sup> และช่วงกลางคืนยังไม่ได้มีเฉพาะปัญหาการเคลื่อนไหวน้อยเท่านั้น ช่วงกลางคืนยังพบปัญหาอื่นๆ เช่น ปัญหาการนอนไม่หลับ ปัสสาวะบ่อย เป็นต้น ซึ่งพบได้มากถึงร้อยละ 96<sup>(3)</sup>

สำหรับการประเมินอาการการเคลื่อนไหวน้อยช่วงกลางคืน ปัจจุบันยังทำได้ยาก เนื่องจากผู้ป่วยและผู้ดูแลไม่ได้สังเกตเนื่องจากเป็นในช่วงที่นอน หรือแพทย์ผู้ดูแลอาจยังไม่ได้ให้ความสนใจในปัญหาช่วงกลางคืนเท่าไรนัก ทางผู้วิจัยจึงร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติได้ค้นคว้าและออกแบบพัฒนาเครื่องมือ เพื่อวัดการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ขณะนอนหลับทั้งการเคลื่อนไหวแนวแกนกลางและการเคลื่อนไหวของแขนขาทั้ง 2 ข้างซึ่งประกอบด้วยชุดรับสัญญาณการเคลื่อนที่เชิงเส้นและเชิงมุมทั้ง 3 แนวแกนซึ่งอุปกรณ์การวัดการเคลื่อนไหวขณะนอน ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ 2 ชนิดคือ Accelerometer และ Gyroscope ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้จะมีจำนวน 5 ชุดแต่ละชุดทำงานเหมือนกัน โดยการทำการติดตั้งที่แขนขาทั้ง 2 ข้างและกลางลำตัว ตลอดระยะเวลาที่นอน

ทางคณะผู้วิจัยหวังว่าผลของการศึกษาจะทำให้สามารถทราบลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันขณะนอนเพื่อประโยชน์ในการปรับเปลี่ยนสุขลักษณะการนอน และการปรับยารักษาโรคพาร์กินสัน เพื่อลดผลเสียที่เกิดจากการเคลื่อนไหวน้อยขณะนอนหลับร่วมด้วย



## ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากการศึกษาในอดีตที่ทำการศึกษารื่องการเคลื่อนไหวน้อยขณะนอนของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน มีทั้งการประเมินด้วยการสังเกต การประเมินด้วยเครื่องมือที่คิดค้นขึ้นเพื่อวัดการเคลื่อนไหวเพื่อได้ผลของการทดสอบเป็นปริมาณที่สามารถวัดได้และนำไปวิเคราะห์ต่อไป ดังนี้

1. Emma L. และคณะ<sup>(2)</sup> ศึกษาการเคลื่อนไหวได้น้อยขณะนอนหลับและความผิดปกติของการนอนหลับในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยการประเมินระดับความรุนแรงของอาการพาร์กินสัน (Hoehn&Yahr และ UPDRS part III) ประเมินสมรรถภาพโดย self-assessment PD disability scale ประเมินสภาวะความเครียดและความกังวล (Leeds subscales) และผู้ป่วยจะได้รับการถามเพื่อประเมินว่า ผู้ป่วยมีปัญหาการลุกขึ้นจากที่นอนและมีปัญหาเกี่ยวกับการนอนหลับตอนกลางคืนบ่อยแค่ไหน และปัญหาเกี่ยวกับการพลิกตัว ทั้งจากการคำบอกเล่าหรือจากการบันทึกวิดีโอการพลิกตัว ในผู้ป่วยพาร์กินสัน 39 คน ที่มีอายุเฉลี่ยระหว่าง 68-80 ปี โดยแบ่งเป็นผู้ชาย 39 คน และ ผู้หญิง 13 คน พบว่า

- Demographic data อื่นๆ
  - ผู้ป่วยทุกคนได้รับการรักษาด้วยยาในกลุ่ม dopamine replacement therapy
  - ผู้ป่วยจำนวน 18 คนอยู่ในกลุ่ม Hoen&Yahr stages I-II และ 21 คน อยู่ในกลุ่มHoen&Yahr stages III-IV
  - ผู้ป่วยจำนวน 31 คน (ร้อยละ 79) มีโรคอื่นร่วม ประกอบด้วย โรคกระดูกและกล้ามเนื้อ จำนวน 14 คน

โรคหัวใจและหลอดเลือดจำนวน 13 คน

- Bed mobility
  - ผู้ป่วย 32 คน รายงานการเคลื่อนไหวลำบากขณะนอน โดย จำนวน 9 คนมีปัญหาการเคลื่อนไหวโดยทั่วไป จำนวน 8 คนมีปัญหาการเคลื่อนไหวเนื่องจากความเจ็บปวดและการแข็งเกร็ง จำนวน 8 คน มีปัญหาการเคลื่อนไหวจากกล้ามเนื้ออ่อนแรง และจำนวน 3 คนมีปัญหาการเคลื่อนไหวจากภาวะอื่น
  - ผู้ป่วยจำนวน 32 คนได้รับการบันทึก วิดีโอเพื่อประเมินการพลิกตัว พบว่าผู้ป่วยจำนวน 31 คน (ร้อยละ 82) สามารถพลิกตัวได้สำเร็จ โดยทั้ง 2 กลุ่มมีระยะเวลาที่เป็นโรคพาร์กินสันไม่แตกต่างกัน แต่ในกลุ่มที่ไม่สามารถพลิกตัวได้จะมีระดับความรุนแรงของโรคที่มากกว่า

- Turning strategies

- ผู้ป่วยจำนวน 14 คน (ร้อยละ 45) ที่สามารถพลิกตัวได้โดยใช้การ used support 27 คน (ร้อยละ 87) ที่สามารถพลิกตัวโดยใช้ hip-hitching และ 16 คน (ร้อยละ 52) ที่สามารถพลิกตัวโดยการลุกนั่ง

- โดยพบว่าในกลุ่มผู้ป่วยที่ใช้ used support จะมีระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน (UPDRS score) อยู่ในระดับที่น้อยกว่ากลุ่มอื่น และผู้ที่ต้องใช้การลุกนั่งเพื่อช่วยในการพลิกตัวจะมีระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน (UPDRS score) ที่มากกว่ากลุ่มอื่น

- ในกลุ่มผู้ป่วยที่ใช้วิธีต่างๆเพื่อการพลิกตัวหลายวิธี จะยังมีผลต่อการนอนหลับที่ยากขึ้น แต่ในกลุ่มที่สามารถพลิกตัวได้ร้อยละ 90 ก็มีปัญหานอนเช่นกัน จึงยังไม่สามารถพบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้วิธีต่างๆเพื่อพลิกตัวกับปัญหานอนหลับที่ชัดเจน

- การบันทึกภาพ vdo ในการศึกษา นี้ เป็นการบันทึกภาพในห้องปฏิบัติการ ไม่ได้เป็นการบันทึกการพลิกตัวที่บ้านของผู้ป่วยจริงๆ จึงอาจทำให้ข้อมูลที่ไม่ได้เป็นข้อมูลที่แท้จริง

2. Steiger M J และคณะ<sup>(4)</sup> ศึกษาการเคลื่อนไหวผิดปกติของแนวแกนกลางลำตัว (disordered axial movement in Parkinson's disease) ซึ่งการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางลำตัว ประกอบด้วย การเดิน (gait) การทรงตัวไม่สมดุล (postural instability) การลุกจากที่นั่ง การพลิกตัวที่นอน เป็นต้น จะสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เป็นโรคพาร์กินสันที่นานขึ้น โดยจุดประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินความสัมพันธ์ความผิดปกติของการพลิกตัวในที่นอน กับ การทรงตัวไม่สมดุล (postural instability) และการเคลื่อนที่ด้วยความยากลำบาก (locomotion difficulty) และอีกจุดประสงค์คือ เพื่อเปรียบเทียบผลของ levodopa ต่อความสามารถในการพลิกตัวในที่นอน การทรงตัว (postural equilibrium) และการเดิน (gait) และยังรวมถึงผลของ levodopa ต่ออาการสั่น การเคลื่อนไหวช้า และการแข็งเกร็งของแขนและขา

โดยทำการศึกษาในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ทั้งหมด 36 คน อายุเฉลี่ย 55.4 ปี ระหว่าง 32 -76 ปี ระยะเวลาที่มีอาการโรคพาร์กินสันเฉลี่ย 10.9 ปี ระหว่าง 2-28 ปี โดยผู้ป่วยจำนวน 23 คน อยู่ในกลุ่ม Hoehn&Yahr 3-5 และผู้ป่วยจำนวน 13 คน อยู่ในกลุ่ม Hoehn&Yahr 1-2 โดยผู้ป่วยจะได้รับการประเมินอาการการเคลื่อนไหวผิดปกติในแนวแกนกลางลำตัว รวมถึงอาการสั่น การเคลื่อนไหวช้า ทั้งในช่วง off (ช่วงที่ยาหมดฤทธิ์) และช่วง on (ช่วงที่ยาออกฤทธิ์) แล้วนำมาเปรียบเทียบกันทางสถิติ

โดยในการศึกษานี้ให้คำนิยามของการพลิกตัวในที่นอนที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ คือการพลิกตัวเริ่มจากส่วนศีรษะและไหล่ โดยที่ไม่ใช้มือในการช่วยดันตัวหรือลุกขึ้นนั่งก่อนที่จะพลิกตัวได้สำเร็จ แต่อนุญาตให้ผู้ป่วยที่ไม่สามารถแกว่งแขนหรืออ้าขาขณะพลิกตัวอยู่ในเกณฑ์ปกติ จากผลการศึกษาพบว่า

- ผู้ป่วยจำนวน 19 คนมีความยากลำบากในการพลิกตัวในที่นอน และในจำนวนนี้ 9 คนที่ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้เลยขณะนอน และ 10 คนใช้วิธีในการพลิกตัวเปลี่ยนตำแหน่งที่ผิดปกติ เช่นการยกตัว หรือการลุกนั่งก่อนที่จะสามารถพลิกตัวได้สำเร็จเป็นต้น
- ผู้ป่วยกลุ่มที่มีความผิดปกติในการเปลี่ยนตำแหน่งหรือพลิกตัวในที่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่มีความผิดปกติในการเปลี่ยนตำแหน่งหรือการพลิกตัวในที่นอน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของอายุผู้ป่วย อายุที่เริ่มมีอาการโรคพาร์กินสัน แต่กลุ่มที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งหรือพลิกตัวลำบากจะมีระยะเวลาการดำเนินโรคที่มากกว่ากลุ่มที่ไม่มีความผิดปกติ
- ไม่พบความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวผิดปกติของแขนและขา กับความผิดปกติของการเคลื่อนไหวในแนวกลางตัว
- ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติในการเปลี่ยนตำแหน่งหรือการพลิกตัวในที่นอน จำนวน 18 คนสามารถพลิกตัวได้ปกติหลังได้รับ levodopa และนอกจากการพลิกตัวในที่นอน อาการอื่นๆที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวแนวแกนกลางลำตัวก็ดีขึ้นหลังได้รับ levodopa เช่นกัน

3. Julie M และคณะ<sup>(5)</sup> ศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวเมื่อลุกจากเตียงในผู้สูงอายุ (Movement patterns used by elderly when getting out of bed) โดยทำการศึกษาในอาสาสมัครที่มีสุขภาพปกติ และมีอายุระหว่าง 65 – 90 ปี จำนวน 42 คน แบ่งเป็นผู้ชาย 12 คนและผู้หญิง 30 คน และอาสาสมัครจะได้รับการบันทึกวิดีโอของการลุกขึ้นจากเตียงจำนวน 5 ครั้ง โดยจัดสถานที่ของสิ่งแวดล้อมให้ใกล้เคียงกับบ้านของอาสาสมัครมากที่สุด และหลังจากนั้นอาสาสมัครจะได้รับการถามว่าเคยได้รับความรู้เกี่ยวกับวิธีการลุกจากเตียงหรือไม่อย่างไร และผู้ทำวิจัยจะเป็นผู้ร่วมกันวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนไหวเมื่อลุกจากเตียง จากผลการศึกษาพบว่า

- ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 65 ปี มีรูปแบบการเคลื่อนไหวเมื่อลุกจากที่นอนที่แตกต่างกับผู้ที่ยุ่่น้อยกว่าระหว่างอายุ 50-59 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เ้ามากที่สุดในการเคลื่อนไหวศีรษะและลำตัวคือการ roll-off ร้อยละ 38 แขนด้านที่อยู่ไกลจากกอลคือ double push ร้อยละ 35 แขนด้านที่อยู่ใกล้กอลคือ multi-push ร้อยละ 36 และ รูปแบบการเคลื่อนไหวของขา คือ synchronous ร้อยละ 31
- รูปแบบการเคลื่อนไหวที่ไม่พบในผู้สูงอายุ คือ pelvis leading, lateral roll ของศีรษะและลำตัว และ lateral lift และ push ของแขนที่อยู่ไกล

- รูปแบบการเคลื่อนไหวเมื่อลุกจากที่นอนในผู้สูงอายุมีลักษณะที่เป็นรูปแบบผสมกันของหลายรูปแบบการ

เคลื่อนไหว เช่น เริ่มต้นด้วยขา ก่อนแล้วเคลื่อนศีรษะตามมา (legs-first seesaw for head and trunk) แล้วใช้แขนช่วยในการดันลำตัวขึ้นพร้อมๆกับขา

- เวลาที่ใช้ในการลุกจากที่นอนจนยืนเฉลี่ย 5.9 วินาที ระหว่าง 2.3 ถึง 17.3 วินาที และ อาสาสมัครจำนวน 16 คน (ร้อยละ 38) มีช่วงหยุดระยะสั้นในท่านั่งในบางครั้ง

- อาสาสมัครจำนวน 7 คนแจ้งว่ามีความรู้เกี่ยวกับวิธีการลุกจากที่นอน 2 คนได้รับการสอนจากพยาบาล โดยที่ คนที่ 1 จำไม่ได้ในรายละเอียด คนที่ 2 ได้รับการสอนให้ใช้ขาเพื่อเป็นฐานในการลงรับน้ำหนัก ส่วนที่เหลือได้รับความรู้จากการอ่านโดยให้ม้วนตัวและใช้มือในการดันตัวขึ้น

- จากการศึกษาชิ้นนี้ สันนิษฐานว่าการที่รูปแบบการเคลื่อนไหวเมื่อลุกจากเตียงในผู้สูงอายุ แตกต่างจากในผู้ที่อายุน้อยกว่า ที่ใช้การม้วนตัวมากกว่าการลุกขึ้นนั่ง อาจเนื่องมาจากการที่ผู้สูงอายุเริ่มมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้อง หรือการที่มีความไม่สมดุลของการทรงตัวมากขึ้น หรือความกลัวที่จะล้ม จึงใช้แขนเพื่อช่วยให้ฐานกว้างขึ้น เป็นต้น

#### 4. Weller C. และคณะ<sup>(6)</sup> ศึกษาการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางตัวที่ลดลงของคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (Reduced axial rotation in spouses of sufferers from clinical idiopathic parkinsonism)

โดยการวัดการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางตัวโดยเครื่องวัดการเคลื่อนไหวของแนวแกนกลางลำตัวที่ติดบริเวณกึ่งกลางหน้าอกตลอดระยะเวลาที่นอนเป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยเครื่องจะสามารถตรวจจับสัญญาณได้เมื่อมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงมากกว่า 7.5 องศาขึ้นไป และตัดค่าที่ผู้ป่วยลุกขึ้นจากเตียงทำมุมระหว่าง 45-90 องศา และตัดค่าช่วงแรกและช่วงหลังของการบันทึก 20 นาทีออก โดยวัดพารามิเตอร์ดังนี้ คือ 1. จำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งทั้งหมด 2. จำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งโดยไม่ต้องค้างในท่านั้นมากกว่า 15 องศา 3. จำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งที่ได้ตัดค่าที่กำหนดให้ตัดออกแล้ว 4. ผลรวมของมุมที่เปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนไหว

การศึกษาทำในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน จำนวน 24 คน (ผู้ชายและผู้หญิงอย่างละ 12 คน) และคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วย เทียบกับกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คู่ โดยในกลุ่มผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมีอายุ เฉลี่ย 70.5 ปี คู่สามีหรือภรรยาอายุเฉลี่ย 69.4 ปี และกลุ่มควบคุมอายุเฉลี่ย 68 ปี ผลการศึกษาดังนี้

- คู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมีการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางตัวมากกว่าผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยไม่จำเป็นต้องนอนเตียงร่วมกับผู้ป่วยหรือไม่

- ในกลุ่มควบคุมมีจำนวนการเคลื่อนไหวที่แนวแกนกลางลำตัวใกล้เคียงกับคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน แต่มีการเคลื่อนไหวเชิงมุมที่มากกว่าในคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

- ในกลุ่มควบคุมที่มีการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางลำตัวน้อย ตรวจพบว่ามีลักษณะของ parkinsonism 1 อย่างร่วมด้วย

จากการศึกษาที่เป็นการติดเครื่องมือตลอดเวลาที่นอนทำให้ได้ข้อมูลมากขึ้นเกี่ยวกับโอกาสของการเป็นโรคพาร์กินสันเมื่อมีการลดลงของการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางลำตัว

5. Well C. และคณะ<sup>(7)</sup> ศึกษาการเคลื่อนไหวน้อยของแกนกลางลำตัว ขณะนอนหลับในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

(Measurement of axial rotation: Its relevance to screening for night-time hypokinesia in old age and parkinsonism)

โดยการวัดการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางลำตัวโดยเครื่องวัดการเคลื่อนไหวของแนวแกนกลางลำตัวที่ติดบริเวณกลางหน้าอกตลอดระยะเวลาที่นอนเป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยเครื่องจะสามารถตรวจจับสัญญาณได้เมื่อมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนมุมมากกว่า 7.5 องศาขึ้นไป และตัดค่าที่ผู้ป่วยลุกขึ้นจากเตียงทำมุมระหว่าง 45-90 องศา และตัดค่าช่วงแรกและช่วงหลังของการบันทึก 20 นาทีออก โดยวัดพารามิเตอร์ดังนี้ คือ A. จำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงจากตำแหน่งแรกไป 15 องศา นานมากกว่า 5 นาที B. จำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงจากตำแหน่งแรกไป 15 องศา โดยไม่ได้คำนึงถึงระยะเวลาของการค้างอยู่ในตำแหน่งนั้นๆ C. จำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งที่ได้ตัดค่าที่กำหนดให้ตัดออกแล้ว D. ผลรวมของมุมที่เปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนไหว E. ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่ง

การศึกษาทำในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน จำนวน 19 คน แบ่งเป็นผู้ชาย 12 คน และผู้หญิง 7 คน และคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วย โดยในกลุ่มผู้ป่วยโรคพาร์กินสันและคู่สามีหรือภรรยา มีอายุ เฉลี่ย 70 ปี ผลการศึกษาดังนี้

- ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน มีการเคลื่อนไหวแนวแกนกลางลำตัวขณะนอนน้อยกว่าในคู่สามีหรือภรรยา โดยแยกเป็นพารามิเตอร์ ดังนี้

- A. 6.2 +/- 4.3 (patient) และ 8.8 +/- 4.4 (spouses)
- B. 3.0 +/- 1.5 (patient) และ 4.3 +/- 1.8 (spouses)
- C. 2.1 +/- 1.5 (patient) และ 3.4 +/- 1.4 (spouses)
- D. 143 +/- 189 (patient) และ 537 +/- 515 (spouses)
- E. 34 นาที +/- 75 (patient) และ 14 นาที +/- 9 (spouses)

- จากการศึกษาี้แสดงถึงการเคลื่อนไหวในแกนกลางที่ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมีการเคลื่อนไหวที่น้อยและช้ากว่าคู่สามีหรือภรรยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังไม่สามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ของอายุที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนไหวในแนวแกนกลางลำตัวได้ ซึ่งต้องการการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

### วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนา อุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่ใช้ติดกับตัวผู้ป่วย ที่บ้านของผู้ป่วยเอง
2. เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวขณะนอนในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เปรียบเทียบกับคู่สามีหรือ ภรรยาของผู้ป่วย โดยอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่ใช้ติดกับตัวผู้ป่วย ที่บ้านของผู้ป่วยเอง
3. เพื่อศึกษาถึงวิธีการป้องกันอุบัติเหตุ หรือการหกล้ม จากการเคลื่อนไหวลำบากในช่วงนอนหรือช่วงกลางคืน โดยอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่ใช้ติดกับตัวผู้ป่วย ที่บ้านของผู้ป่วยเอง
4. เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวขณะนอนของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เทียบกับคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยที่มีอายุใกล้เคียงกัน อุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่ใช้ติดกับตัวผู้ป่วย ที่บ้านของผู้ป่วยเอง

### วิธีดำเนินงานวิจัย

1. คัดเลือกผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ที่ได้รับการวินิจฉัยตามเกณฑ์การวินิจฉัย ของ UKPDS Brain Bank Criteria ที่มารับการรักษาที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย
2. ผู้ป่วยเข้าเกณฑ์การคัดเข้าการวิจัย และไม่เข้ากับเกณฑ์การคัดออกตามที่กล่าวต่อไป
3. ผู้ป่วย ได้รับการอธิบายเกี่ยวกับงานวิจัยอย่างละเอียด และลงนามเข้าร่วมการวิจัย
4. ผู้ช่วยวิจัย ดำเนินการประเมิน การเคลื่อนไหวขณะนอน โดยอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่ใช้ติดกับตัวผู้ป่วย ที่บ้านของผู้ป่วยเอง และดำเนินการลักษณะเดียวกันกับคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วย
5. เก็บข้อมูลดิบ เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป
6. สรุปผลการวิจัย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลักษณะการเคลื่อนไหวขณะนอนของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เปรียบเทียบกับคู่สามีหรือภรรยา ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนยาให้เหมาะสมกับผู้ป่วยในช่วงกลางคืน
2. สามารถนำเอาผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่จะเกิดจากการเคลื่อนไหวที่ได้น้อยขณะนอน เช่นการป้องกันการเกิดแผลกดทับ การป้องกันการตกเตียง การป้องกันการหกล้มขณะลุกจากเตียง เป็นต้น
3. เพื่อนำผลการวิจัย เป็นแนวทางในการปรับยาผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เพื่อลดภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการเคลื่อนไหวได้น้อยในเวลากลางคืน หรือขณะตื่นนอน
4. เพื่อเป็นการพัฒนาอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่ใช้ติดกับตัวผู้ป่วย ที่บ้านของผู้ป่วยเอง

## วิธีดำเนินงานวิจัย (materials and methods)

### 1.รูปแบบการวิจัย (study design)

Cross sectional analytic study

ศึกษาในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เทียบกับผู้ที่ไม่เป็นโรคพาร์กินสันที่มีอายุใกล้เคียงกัน

### 2. ประชากรที่ศึกษาและขนาดตัวอย่างเฉพาะที่คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Study population and Sample size at Faculty of Medicine, Chulalongkorn University)

#### - ประชากรเป้าหมาย (target population)

กลุ่มประชากร

ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มารับการรักษาที่ มารับการรักษาที่คลินิกพาร์กินสันและการเคลื่อนไหวผิดปกติ โรงพยาบาล จุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย โดยสามารถเข้าเกณฑ์การคัดเข้าและไม่ใช่ไปตามเกณฑ์การคัดออก และกลุ่มควบคุมคือคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่ไม่ได้เป็นโรคพาร์กินสัน และอายุใกล้เคียงกัน แตกต่างกันไม่เกิน 5 ปี

#### เกณฑ์การคัดผู้ป่วยและกลุ่มควบคุมเข้าร่วมการศึกษาวิจัย (Inclusion criteria)

- ผู้ป่วยเข้าเกณฑ์การวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน
- กลุ่มควบคุมคือคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยที่ไม่เป็นโรคพาร์กินสัน ที่มีอายุใกล้เคียงกับผู้ป่วย โดยห่างกันไม่เกิน 5 ปี
- ผู้ป่วยและคู่สามีหรือภรรยาสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ และไม่อยู่ในสภาวะนอนติดเตียง
- ผู้ป่วยและคู่สามีหรือภรรยาไม่มีโรคทางระบบประสาทที่ทำให้มีการเคลื่อนไหวลำบากเช่น อัมพาต หรือโรคของกระดูก

และข้อ

- ผู้ป่วยและคู่สามีหรือภรรยา เป็นผู้ที่มีสติสัมปชัญญะปกติและไม่ได้รับยานอนหลับหรือยารักษาภาวะอาการทางจิตร่วมด้วย
- ผู้ป่วยและคู่สามีหรือภรรยาแสดงความยินยอมโดยสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและสามารถเซ็นยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เป็นลายลักษณ์อักษร

#### เกณฑ์การคัดออกจากการศึกษาวิจัย(Exclusion criteria)

- ผู้ป่วยและคู่สามีหรือภรรยามีภาวะที่ไม่สามารถใส่อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนได้
- ผู้ป่วยหรือคู่สามีหรือภรรยาไม่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การถอนตัวจากการศึกษาวิจัย (Withdrawal criteria)

- ผู้ป่วยที่ไม่สามารถเข้าร่วมตรวจด้วยเครื่องตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่นได้ตลอดระยะเวลาของการทดสอบ

- ขนาดตัวอย่าง (sample size)

จากการศึกษาของ Well C. และคณะ ศึกษาการเคลื่อนไหวน้อยของแกนกลางลำตัว ขณะนอนหลับในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (Measurement of axial rotation: Its relevance to screening for night-time hypokinesia in old age and Parkinsonism) ศึกษาในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันจำนวน 19 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 19 คน โดยมีค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนไหวทั้งหมดในแนวแกนกลางลำตัวในกลุ่มผู้ป่วยคือ  $6.2 \pm 4.3$  และในกลุ่มผู้มีหรือภรรยาคือ  $8.8 \pm 4.4$

$$n/\text{group} = [2(Z_\alpha + Z_\beta)^2 \sigma^2] / |\mu_1 - \mu_2|^2$$

โดยกำหนดให้  $n$  = ขนาดตัวอย่าง

$Z_\alpha$  คือค่า type I error กำหนดให้  $\alpha = 5\%$ ;  $Z_{\alpha/2} = 1.96$

$Z_\beta$  คือค่า type II error กำหนดให้  $\beta = 10\%$ ;  $Z_\beta = 1.28$

$\mu_1$  คือค่าเฉลี่ยของประชากรในกลุ่มผู้ป่วย แทนด้วย  $\bar{X}_1$

$\mu_2$  คือค่าเฉลี่ยของประชากรในกลุ่มคู่สามีหรือภรรยา แทนด้วย  $\bar{X}_2$

$\sigma^2$  คือค่าความแปรปรวนของประชากร แทนด้วย  $S.D^2$  จากการคำนวณ

$$\text{Pooled variance } \sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)S.D_1^2 + (n_2 - 1)S.D_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

จะได้

$$n = \frac{2(Z_\alpha + Z_\beta)^2 \sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$N = 2 (1.96 + 1.28)^2 (2.1)^2 / (6.2 - 8.8)^2$$

$$= 14 \text{ คน}$$



จำนวนผู้ทำการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยและคู่สามีหรือภรรยา อย่างละ 14 คน

### 3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยด้าน Clinic ที่ห้องตรวจผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย และวัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่บ้านของผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน ตามUKPDRS Brain Bank Criteria โดยแพทย์อายุรกรรมระบบประสาทที่มารับการรักษาที่ห้องตรวจผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สภากาชาดไทยที่มีคุณสมบัติเข้าได้กับ Inclusion และ exclusion criteria ข้างต้น

2. อธิบายหลักการและจุดประสงค์ของงานวิจัย ให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยและญาติในห้องตรวจผู้ป่วยนอก ตอบข้อสงสัยจนผู้ป่วยเข้าใจ และให้เวลาตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย เมื่อเข้าใจและยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยแล้วจึงให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยหรือญาติลงชื่อเข้าร่วมงานวิจัย

3. ดำเนินการวิจัยโดยติดเครื่องวัดการเคลื่อนไหวขณะนอนหลับ ที่บ้านของผู้ป่วย โดยทำการติดเครื่องมือการวัดการเคลื่อนไหวที่แขนขาทั้ง 4 ข้างและที่ลำตัว และเปิดเครื่องมือ และทำการเชื่อมต่อสัญญาณกับคอมพิวเตอร์เพื่อผ่านสัญญาณบลูทูธเพื่อทำการเก็บข้อมูลตลอดระยะเวลาที่ผู้ป่วยนอนจนถึงตอนที่ผู้ป่วยลุกจากที่นอนในตอนเช้า เครื่องมือวัดสามารถใช้งานต่อเนื่องได้นาน 8 ชั่วโมง โดยข้อมูลในช่วงที่ผู้ป่วยลุกขึ้นจากเตียงในมุมที่มากกว่า 45 – 90 องศา นานมากกว่า 5 นาทีจะถูกตัดออกจากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไป

4. ดำเนินการวิจัยในลักษณะเดียวกับในข้อ 3 กับคู่สามีหรือ ภรรยาของผู้ป่วย

5. นำข้อมูลดิบที่ได้มาวิเคราะห์ โดยโปรแกรม MATLAB

6. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

### 4. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ (Statistical method)

ข้อมูลทั้งหมดเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ทางสถิติคำนวณโดย program SPSS version 17.0 (SPSS Inc., Chicago IL)

- โดย descriptive statistic รายงานผลเป็น mean (standard deviation)
- การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่างๆ ระหว่างสองกลุ่มประชากรโดยunpaired T Test
- การหาความสัมพันธ์ระหว่าง parameter ต่างๆ ของ การเกิดภาวะ ICDs, punding, DDS โดยChi-square test โดยให้ significant level คือ  $p \leq 0.05$
- การหาค่าสัดส่วนของความสัมพันธ์โดย logistic regression test โดยให้ significant level คือ  $p \leq 0.05$

## 5.การพัฒนาอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอนที่ใช้ติดกับตัวผู้ป่วย ที่บ้านของผู้ป่วยเอง (night recorder)

ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1. ส่วนฮาร์ดแวร์ 2. ส่วนเฟิร์มแวร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

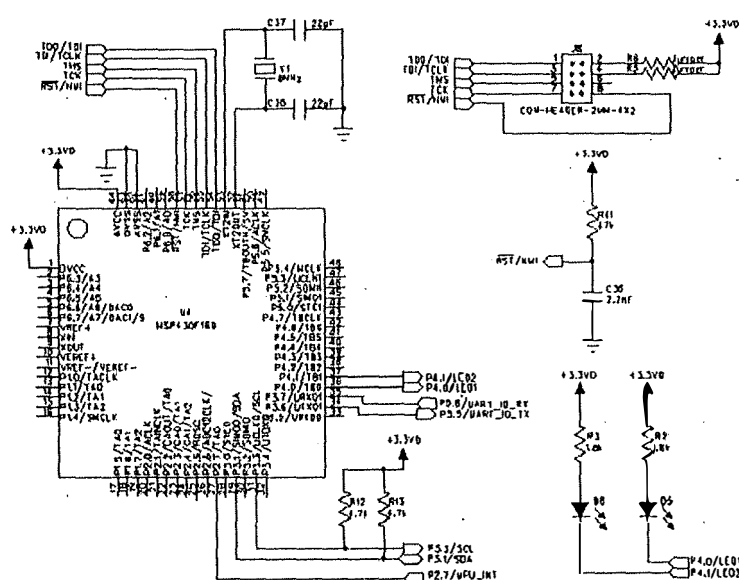
### 1. ส่วนฮาร์ดแวร์

ประกอบด้วย อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหว 5 ชุด ติดตั้งบริเวณข้อมือซ้าย ขวา กลางลำตัว ข้อเท้าซ้ายและขวา โครงสร้างภายในอุปกรณ์จะมีลักษณะเดียวกันทั้งหมด ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ micro-controller, motion sensors (sensor module), a real time clock, a power management module และ data storage module ดังรายละเอียดดังนี้

#### - Micro- controller (ภาพที่ 1)

ประกอบด้วย Micro controller MSP430 ทำหน้าที่ในการสื่อสารข้อมูลกับ motion sensors ผ่านการเชื่อมต่อแบบ I2C เพื่อนำข้อมูลการเคลื่อนไหว มารวบรวมและจัดรูปแบบให้เหมาะสมก่อนนำไปประมวลผล และ micro controller MSP430 ยังมีอัตราการใช้พลังงานต่ำ เหมาะกับอุปกรณ์ที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงาน

ภาพที่ 1 Microcontroller



#### - Motion sensors (sensor module) (ภาพที่ 2)

ประกอบขึ้นจาก MPU9150 ซึ่งภายในประกอบด้วย sensor 3 ชนิดคือ accelerometer, gyroscope และ

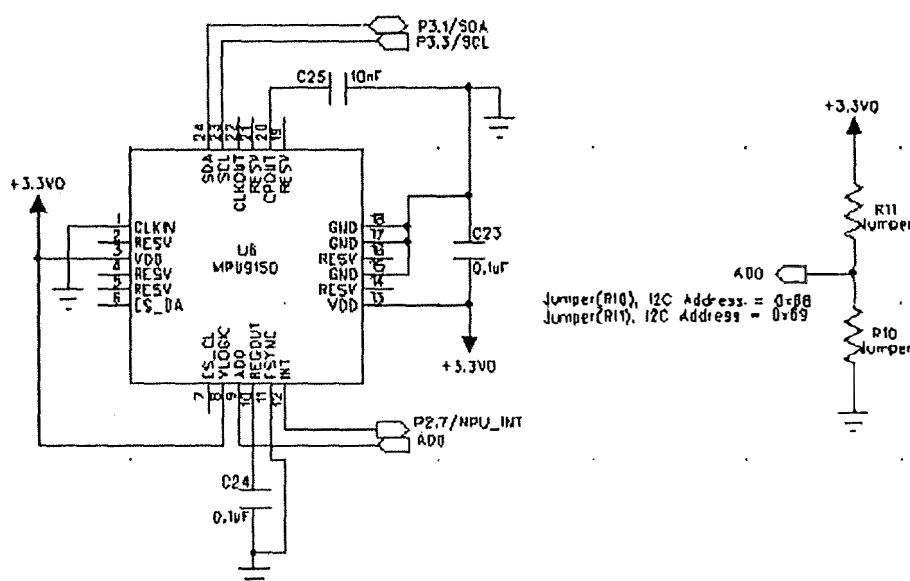
magnetometer โดย sensor แต่ละชนิดสามารถวัดข้อมูลได้ 3 แกน (x, y, z) โดยข้อมูลที่วัดได้จะเป็นระบบ analog ซึ่งจะถูกแปลงเป็นระบบ digital และทำการปรับปรุงข้อมูล (signal conditioning) ข้อมูลถูกบันทึกแบบ comma-separated value หรือ CSV format และส่งข้อมูลออกทางการเชื่อมต่อแบบ I2C โดยรายละเอียด sensor มีดังนี้

Accelerometer: Full scale range +/- 2g, +/- 4g, +/- 8 g, +/- 16 g และ 16-bit Data triaxial integrated microelectromechanical systems (iMEMS)

Gyroscope: Full scale range +/- 250, +/- 500, +/- 1000, +/- 2000 degree/ second และ 16-bit Data

Magnetometer: Full scale range – 1200 uT และ 13-bit Data

ภาพที่ 2 Motion sensors



- External memory interface module (Micro SD card)

เพื่อบันทึกข้อมูล โดยข้อมูลที่ถูกรับบันทึกในแต่ละชั่วโมงใช้พื้นที่ประมาณ 950 kB ลงใน micro SD card ก่อนนำไป

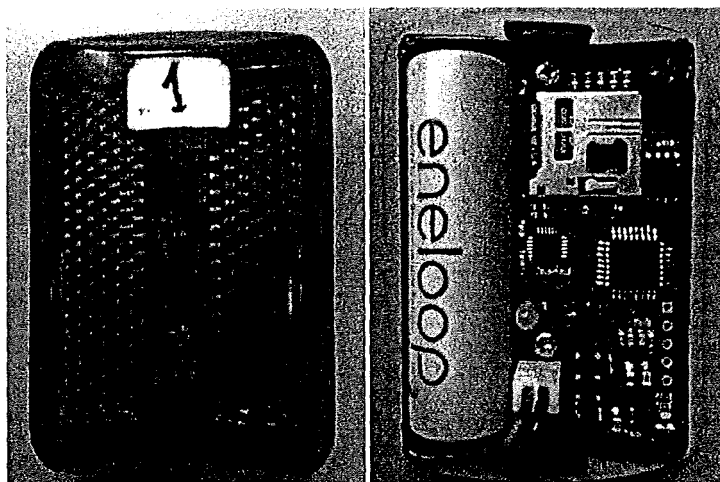
วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MATLAB ต่อไป

- A real time clock module
- Power management module

แบตเตอรี่ AA 1000mAh จำนวน 1 ก้อน โดยสามารถใช้งานต่อเนื่องได้ 50 ชั่วโมง หรือประมาณ 6 คืนของเวลา

การนอนปกติ

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะภายนอก แผงวงจร ทำจากพลาสติก ขนาด 45\*65\*23 mm น้ำหนัก 28.9 กรัม



## 2. ส่วนเฟิร์มแวร์

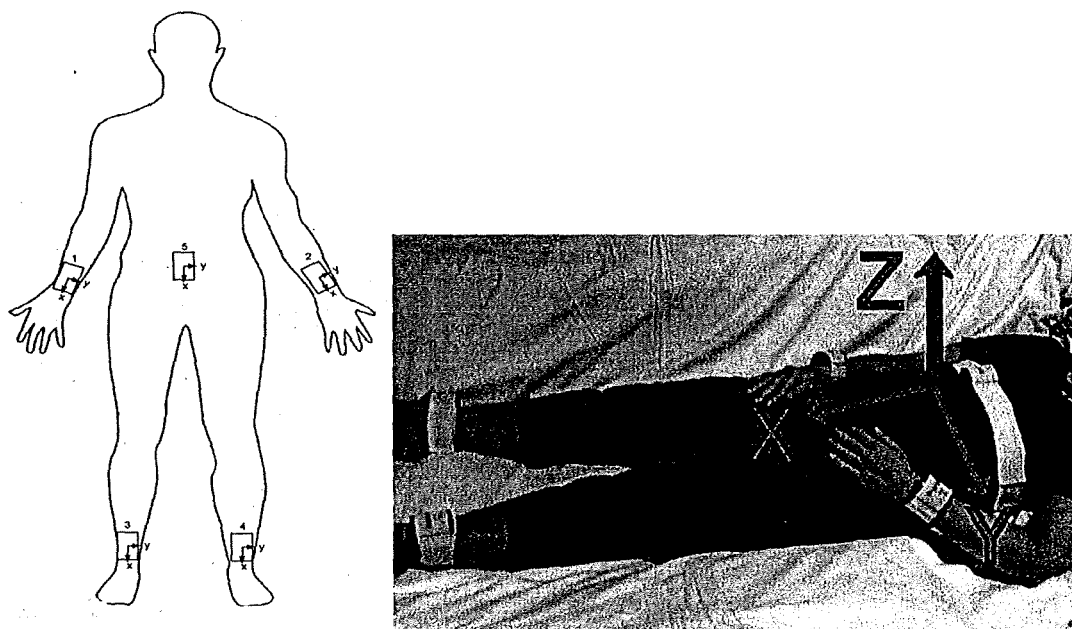
สำหรับการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชุด เริ่มจากการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆให้กับพอร์ต และกำหนดให้ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมด้วย Baud Rate = 115200 bps นอกจากนี้ยังกำหนดให้ใช้กับการสื่อสารแบบ I2C เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่าง sensor MPU9150 ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ทั้ง accelerometer และ gyroscope โดย sensor จะถูกกำหนดให้มีค่าความถี่ cut off ของตัวกรองความถี่ต่ำของ accelerometer มีค่าเท่ากับ 94 Hz และของ gyroscope มีค่าเท่ากับ 98 Hz และกำหนดค่าพิสัยการวัดของ accelerometer เท่ากับ  $\pm 2$  g, gyroscope เท่ากับ  $\pm 2000$  องศาต่อวินาที โดยข้อมูลจาก sensor จะถูกกำหนดให้อ่านด้วยความถี่ 10 Hz เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆแล้วก็จะเข้าสู่ ลูปการทำงานหลัก โปรแกรมจะวนรอบทำงานไปเรื่อยๆ โดยจะทำการตรวจสอบ sensor ว่ามีข้อมูลใหม่พร้อมที่จะทำการอ่านค่าหรือไม่ โดยทราบจากสัญญาณ interrupt ที่ส่งมาจาก sensor ซึ่งอ่านค่าได้เป็นความเร่งและความเร็วเชิงมุมของแกน XYZ

เมื่อบันทึกข้อมูลตลอดคืนแล้ว จึงนำข้อมูลที่บันทึกไว้ใน Micro SD card มาโอนถ่ายเข้าสู่คอมพิวเตอร์ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ โดยใช้โปรแกรม Matlab ต่อไป

## การนำไปประยุกต์ใช้

ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนไหวที่ข้อมือ ข้อเท้าทั้ง 2 ข้าง และบริเวณกลางลำตัว (ภาพที่ 4) ก่อนเข้านอน เปิดเครื่องที่ปุ่มเปิดเครื่องด้านหลัง

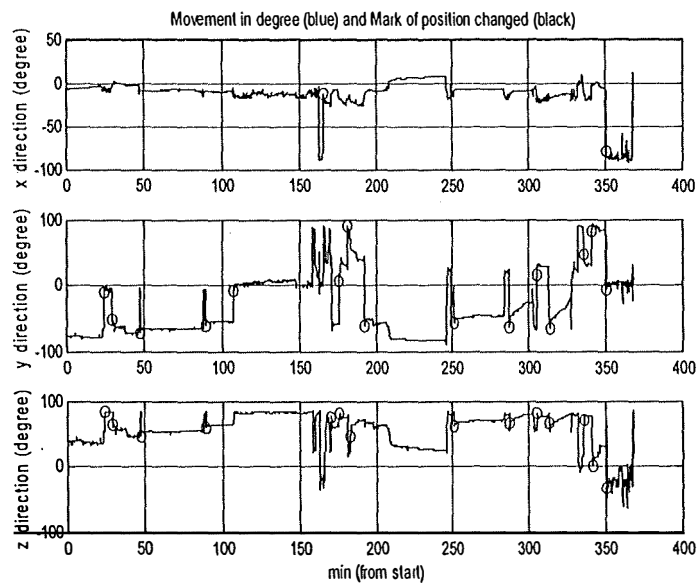
ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ (sensor) วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder)



เครื่องทำการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหว (ความเร่ง และความเร็วเชิงมุมแกน XYZ) ตลอดการนอน หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Matlab 7.9.0 (R2009b) นำข้อมูลมาจัดเรียงใหม่ โดยนำมาเฉพาะข้อมูลจาก  $\pm 1$  G และเปลี่ยนหน่วย gravity เป็นหน่วย องศา (degree) โดยเทียบจากแต่ละแนวแกนตั้งฉากกับพื้นโลก จึงได้ออกมาเป็นค่า  $-90$  ถึง  $+90$  องศา แล้วนำผลที่ได้ไปผ่านการกรอง และการ down sampling ด้วย factor 60 ค่าที่ได้ปัจจุบันจะมีค่า sampling rate เท่ากับ 10 samples/ minute

ในการทำการวิจัยของผู้ทำการวิจัย กำหนดความหมายของการเคลื่อนไหว 1 ครั้งคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขององศา แกนใดแกนหนึ่งอย่างน้อย 15 องศา และการเคลื่อนไหวนั้นๆ ค้างอยู่ในตำแหน่งเดิมเกิน 5 นาที แล้วแสดงผลเป็นกราฟแสดง ลักษณะการเคลื่อนไหว (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนไหวจาก accelerometer ใน แกน X Y Z ตามลำดับ



คำนิยามการเคลื่อนไหวที่ได้จากอุปกรณ์ (sensor) วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder)

- ระยะเวลาอนนอน, นาที (*Duration of sleep (minutes)*): Total period whilst in bed excluding the first and the last five minutes
- การพลิกตัว (*Axial movements (Rolling over)*): A series of at least a 15-degree rotational movement of the trunk from one static position to another static position that sustains for at least 5 minutes in a y-axis plane
- การลุกจากที่นอน (*Getting out of bed*): A rapid rise of acceleration in the x-axis of more than 45 degrees from either a static or rotational movement
- ความถี่ของการพลิกตัวต่อชั่วโมง (*Frequency (movements/hour)*): Number of rolling over per hour of the bed period
- มุมเฉลี่ยในการพลิกตัว (*Size (degrees)*): The angle of the change in position resulting from the axial Movement
- ระยะเวลาที่ใช้ในการพลิกตัว, วินาที (*Duration of rolling over (seconds)*): Time spent of one episode of rolling over
- ความเร็วในการพลิกตัว (*Velocity (radian/second)*): Mean size per second of the axial movement

- ความเร่งในการพลิกตัว (*Acceleration (radiance/second<sup>2</sup>)*): The rate of velocity change during axial movement

## ผลการดำเนินวิจัย (Results)

ผลการวิจัยในระยะนี้ มีผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นจำนวน 6 คู่ (ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันและคู่สามีภรรยาที่มีอายุต่างกันไม่เกิน 10 ปี) โดยมีผล demographic data ดังตารางที่ 1 และพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของ อายุ น้ำหนัก body mass index (BMI) และระยะเวลาการนอนของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันและคู่สามีหรือภรรยา

ตารางที่ 1 demographic data of 6 Parkinson's disease patients and their spouses

Demographic data	PD patients (Mean±SD)	Spouses (Mean±SD)	p value
Number (males)	6 (6)	6 (0)	
Mean age (years)	65.50±7.45	66.67±7.76	0.88
Mean weight (kg)	69.67±14.46	66.50±14.95	0.35
Body Mass Index (BMI)	24.30±4.15	26.83±5.71	0.249
Disease duration	10.8±6.18		
Hoehn & Yahr stage	2.25±1.13		
UPDRS-III	21.5±10.71		

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนเป็นผู้ถนัดขวา สามารถใส่อุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder) ที่บริเวณใต้ต่อ sternum และที่แขน ขา ได้ครบ 1 คัน โดยไม่มีอันตรายหรือภาวะแทรกซ้อน และไม่รู้สึกว่ามีความร้อนเกิดขึ้นจากอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder) และผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ที่เข้าร่วมการวิจัย มีระยะเวลาการดำเนินโรคเฉลี่ย 10.8 ปี (SD= 6.8) ระดับความรุนแรงของอาการ (Hoehn and Yahr staging) เฉลี่ย 2.25 (SD=1.13) และคะแนนความรุนแรงของอาการทางการเคลื่อนไหว (UPDRS part III) เฉลี่ย 21.5 (SD=10.71)

ผลการเคลื่อนไหวที่อุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder) จับการพลิกตัวได้ทั้งหมด 115 ครั้ง และเป็นการลุกจากที่นอน 19 ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยที่ได้จากกลุ่มผู้ป่วยและคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยโดยใช้ค่าสถิติแบบ non parametric (Wilcoxon's Sign Rank test) พบว่า ในกลุ่มผู้ป่วยมีจำนวนครั้งของการพลิกตัวที่น้อยกว่าคู่สามีหรือภรรยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.028) กลุ่มผู้ป่วยมีมุมที่ใช้ในการเปลี่ยนท่าจากท่าหนึ่งเป็นอีกท่าหนึ่ง น้อยกว่าคู่สามีหรือภรรยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.028) กลุ่มผู้ป่วยมีจำนวนครั้งในการพลิกตัวต่อชั่วโมงที่น้อยกว่าคู่สามีหรือภรรยา อย่างมี



นัยสำคัญทางสถิติ ( $P=0.028$ ) กลุ่มผู้ป่วยมีความแรงและความเร็วในการพลิกตัวเปลี่ยนท่าจากท่าหนึ่งเป็นท่าหนึ่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P=0.028$ ) แต่ระยะเวลาที่ผู้ป่วยและคู่สามีภรรยา ในในการพลิกตัวเปลี่ยนท่าจากท่าหนึ่งเป็นอีกท่าหนึ่ง ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้กลุ่มผู้ป่วยมีการลุกขึ้นจากที่นอนในช่วงระหว่างการนอนที่มากกว่า คู่สามีหรือภรรยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P=0.02$ ) และเมื่อเปรียบเทียบการพลิกตัวเปลี่ยนท่าระหว่างครั้งแรกของการนอนและครั้งหลังของการนอนพบว่า ผู้ป่วย 4 รายจาก 6 รายมีการเคลื่อนไหวในช่วงครั้งหลังที่น้อยกว่าในช่วงครั้งแรกของการนอนรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 และผู้ป่วยทำบันทึกการนอนร่วมไปด้วย พบว่าการลุกขึ้นจากที่นอนในช่วงเวลากลางคืนสัมพันธ์กับการลุกเพื่อไปปัสสาวะตอนกลางคืน

ตารางที่ 2 ค่าการเคลื่อนไหวช่วงกลางคืน (ขณะนอน) ที่วัดได้จากอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder)

Parameters	PD patients (Mean±SD)	Spouses (Mean±SD)	<i>p</i> value
Number (males)	6 (6)	6 (0)	
Sleep duration (min)	539.50±83.98	454.50±74.24	0.17
Total number of movements	35	99	
Getting out of bed	2.17±0.75	1.00±0.89	0.02*
Rolling over	3.67±2.50	15.50±10.54	0.028*
Frequency (movements/hour)	0.39±0.24	2.04±1.25	0.028*
Size (degrees)	40.37±11.78	81.42±8.40	0.028*
Duration of rolling over	12.02±3.83	14.76±5.12	0.463
Speed (radian/second)	0.08±0.02	0.14±0.03	0.028*
Acceleration (radian/second <sup>2</sup> )	0.06±0.03	0.18±0.04	0.028*

\*Statistical significant was defined if  $P \leq 0.05$

## อภิปรายผล (Discussion)

จุดประสงค์ของงานวิจัย ลำดับแรกคือการพัฒนาอุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวขณะนอน (night recorder) ที่ติดกับผู้ป่วยโดยการวัดที่บ้าน โดยงานวิจัยนี้มุ่งประเมินการพลิกตัวในช่วงเวลานอนและการลุกจากเตียงเป็นสำคัญ โดยมีสมมติฐานว่าผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมีการเคลื่อนไหวที่น้อยกว่าผู้ที่ไม่ได้เป็น โรคพาร์กินสันที่มีอายุใกล้เคียงกัน จากงานวิจัยนี้พบว่า เครื่อง accelerometer ในเครื่อง night recorder สามารถประเมินการพลิกตัวได้อย่างถูกต้อง และยังสามารถติดตั้งได้ง่าย ในราคาที่ไม่แพง สามารถใช้ประเมินการเคลื่อนไหวขณะนอนได้ดี

จากผลการวิจัยเบื้องต้น สามารถแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่พบในช่วงเวลานอนของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ในการพลิกตัวที่มีจำนวนครั้งในการพลิกตัว มุมเฉลี่ยในการพลิกตัว และความเร็วในการพลิกตัวที่น้อยกว่าคู่สามีหรือภรรยาของผู้ป่วยที่มีอายุใกล้เคียงกัน ซึ่งจากผลการศึกษาสนับสนุนภาวะ nocturnal hypokinesia ที่พบจากการทำแบบสอบถาม ที่เกี่ยวกับปัญหาตอนกลางคืนในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ที่มีปัญหาคือ อาการแข็งเกร็ง อาการปวด หายใจลำบาก ปัสสาวะบ่อยช่วงกลางคืน และอาการนอนไม่หลับ<sup>(2, 3, 8-18)</sup> นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าผลของ nocturnal hypokinesia ส่งผลต่อ คุณภาพการนอน อาการพาร์กินสันในช่วงกลางวัน และคุณภาพชีวิตของทั้งผู้ป่วยและผู้ดูแล<sup>(3, 11-13, 16-19)</sup>

จากการศึกษาในอดีต อธิบายการกลไกการเกิด nocturnal hypokinesia ไว้หลายกลไก ปัจจัยหลักคือการดำเนินของโรคพาร์กินสันที่เป็นมากขึ้น จนถึงระดับที่มีผลต่ออาการแกนกลางลำตัว (axial movement) ซึ่งขึ้นกับระยะเวลาที่ดำเนินโรคนานและระดับความรุนแรงของการเสื่อมของเซลล์ประสาท<sup>(4, 20)</sup> นอกจากนี้ขบวนการเสื่อมตามอายุปกติที่เกิดขึ้นในสมองบริเวณ subcortical area ก็เป็นสาเหตุร่วมที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวช้าในเวลากลางคืนหรือเวลานอน<sup>(11)</sup> ร่วมด้วย การที่ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างเช่น อาการสันหลังคดง ตัวเอง (Pisa syndrome หรือ scoliosis) ก็มีผลทำให้การเคลื่อนไหวขณะนอนลำบากมากขึ้น<sup>(12)</sup> และผลของยาที่ผู้ป่วยได้รับสามารถมีส่วนทำให้เกิดภาวะ nocturnal hypokinesia เช่น ยาจิตเวช เป็นต้น

นอกจากนี้การที่สามารถประเมินปัญหาการพลิกตัวในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เป็นการประเมินที่สำคัญเนื่องจากปัญหาการพลิกตัวบนเตียงมีความสัมพันธ์กับปัญหาของแนวแกนกลางลำตัวอื่น เช่นปัญหาการเดิน การหกล้ม อาการแข็งเกร็งแกนกลางลำตัว การลุกจากที่นั่ง ซึ่งการที่สามารถประเมินปัญหาการพลิกตัวได้เร็ว สามารถทำให้แพทย์ผู้ดูแล สามารถให้การดูแลปัญหาอื่นได้ครอบคลุมอย่างรวดเร็ว และการศึกษารูปแบบการลุกจากเตียงในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน พบว่ามีการใช้รูปแบบการลุกที่ไม่หลากหลายเนื่องจากอาจจะมีการแข็งเกร็งของลำตัว<sup>(21)</sup> ซึ่งการกายภาพเพื่อฝึกการหมุนตัว จะสามารถลดโอกาส การหกล้มที่เป็นปัญหาที่สำคัญในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะที่บ้าน<sup>(22)</sup> และนอกจากนี้การปรับยาโดปามีนเพื่อควบคุมอาการพาร์กินสัน สามารถช่วยลดอาการการเคลื่อนไหวลำบากตอนกลางคืน หรือขณะนอน (nocturnal hypokinesia) ได้<sup>(23, 24)</sup> ดังนั้น

การที่สามารถตรวจประเมินอาการเคลื่อนไหวลำบากตอนกลางคืนได้ ย่อมทำให้แพทย์ผู้รักษาสามารถปรับการรักษา ที่เหมาะสมให้กับผู้ป่วยได้ เพื่อลดปัญหาแทรกซ้อนที่เกิดตามมาได้ เช่น ผลกระทบจากการนอนในท่าเดิมนานๆ ปัญหาการหายใจและสำลักอาหาร ซึ่งอาการปอดอักเสบจากการสำลักอาหาร เป็นสาเหตุการเสียชีวิตที่สำคัญในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน และในอนาคตการที่สามารถวินิจฉัยปัญหาการเคลื่อนไหวลำบากขณะนอนได้โดยที่ผู้ป่วยยังไม่มีอาการที่ชัดเจน หรือในผู้ที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคพาร์กินสัน ก็จะสามารถเป็นการวินิจฉัยได้ตั้งแต่ระยะแรก และเป็นประโยชน์ในการรักษาในระยะยาวได้ ตามที่ได้มีการศึกษา 1 การศึกษาในผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคพาร์กินสัน จำนวน 33 รายแต่ยังไม่ได้ยืนยันว่าการเคลื่อนไหวลำบากในช่วงเวลานอนเป็นสิ่งที่บอกการเป็นโรคพาร์กินสันในผู้ที่มีความเสี่ยง<sup>(25)</sup>

### สรุปผล (Conclusion)

เนื่องจากอาการช่วงกลางคืนและการเคลื่อนไหวลำบากขณะนอน เป็นอาการที่อาจไม่ได้รับการสนใจมากนัก หรือผู้ป่วยและผู้ดูแลไม่สามารถบอกเล่าอาการให้แพทย์ผู้ดูแลได้ละเอียดถูกต้อง การพัฒนา อุปกรณ์ sensor วัดการเคลื่อนไหวช่วงกลางคืนที่มีขนาดเล็ก สามารถใช้ติดกับตัวผู้ป่วยเมื่อผู้ป่วยใช้ชีวิตตามปกติ จะเป็นประโยชน์อย่างมากกับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีปัญหาช่วงกลางคืน และนอกจากนี้ยังสามารถขยายไปสู่กลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติอื่นด้วย และอนาคต การนำข้อมูลจากอุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวที่ติดที่บริเวณแขนและขาของผู้ป่วยมาร่วมพิจารณา ก็จะทำให้สามารถทราบรูปแบบการเคลื่อนไหวตอนนอนของผู้ป่วยได้มากขึ้น และเป็นประโยชน์กับการรักษา การออกแบบการกายภาพบำบัดต่อไปในอนาคต

### บรรณานุกรม (Bibliography)

1. Lang AE, Lozano AM. Parkinson's disease. First of two parts. *N Engl J Med.* 1998;339(15):1044-53.
2. Stack EL, Ashburn AM. Impaired bed mobility and disordered sleep in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2006;21(9):1340-2.
3. Bhidayasiri R, Mekawichai P, Jitkrittadukul O, Panyakaew P, Kaewwilai L, Boonrod N, et al. Nocturnal journey of body and mind in Parkinson's disease: the manifestations, risk factors and their relationship to daytime symptoms. Evidence from the NIGHT- PD study. *J Neural Transm.* 2104;121 (Suppl 1):S59- S68.
4. Steiger MJ, Thompson PD, Marsden CD. Disordered axial movement in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1996;61(6):645-8.
5. Mount J, Kresge L, LKlaus G, L M. Movement pattern used by the elderly when getting out of bed. *Phys Occup Ther Geriatr.* 2006;24(3):27- 43.
6. Weller C, Nicholson PW, Dobbs SM, Bowes SG, Purkiss A, Dobbs RJ. Reduced axial rotation in the spouses of sufferers from clinical idiopathic parkinsonism. *Age Ageing.* 1992;21(3):189-94.
7. Weller C, Bowes SG, Kirk CA, Nicholson PW, Dobbs RJ, Dobbs SM. Measurement of axial rotation: its relevance to screening for night-time hypokinesia in old age and parkinsonism. *Age Ageing.* 1991;20(1):3-7.
8. Szollosi I, Roebuck T, Thompson B, Naughton MT. Lateral sleeping position reduces severity of central sleep apnea / Cheyne-Stokes respiration. *Sleep.* 2006;29(8):1045-51.
9. Chaudhuri KR, Pal S, DiMarco A, Whately-Smith C, Bridgman K, Mathew R, et al. The Parkinson's disease sleep scale: a new instrument for assessing sleep and nocturnal disability in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2002;73(6):629-35.
10. Marinus J, Visser M, van Hilten JJ, Lammers GJ, Stiggebout AM. Assessment of sleep and sleepiness in Parkinson disease. *Sleep.* 2003;26(8):1049-54.
11. Levy G, Louis ED, Cote L, Perez M, Mejia-Santana H, Andrews H, et al. Contribution of aging to the severity of different motor signs in Parkinson disease. *Arch Neurol.* 2005;62(3):467-72.
12. Doherty KM, van de Warrenburg BP, Peralta MC, Silveira-Moriyama L, Azulay JP, Gershanik OS, et al. Postural deformities in Parkinson's disease. *Lancet Neurol.* 2011;10(6):538-49.

13. Evans JR, Mason SL, Williams-Gray CH, Foltynie T, Brayne C, Robbins TW, et al. The natural history of treated Parkinson's disease in an incident, community based cohort. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2011;82(10):1112-8.
14. Lees AJ, Blackburn NA, Campbell VL. The nighttime problems of Parkinson's disease. *Clin Neuropharmacol*. 1988;11(6):512-9.
15. Tandberg E, Larsen JP, Karlsen K. A community-based study of sleep disorders in patients with Parkinson's disease. *Mov Disord*. 1998;13(6):895-9.
16. Pal PK, Thennarasu K, Fleming J, Schulzer M, Brown T, Calne SM. Nocturnal sleep disturbances and daytime dysfunction in patients with Parkinson's disease and in their caregivers. *Parkinsonism Relat Disord*. 2004;10(3):157-68.
17. Louter M, Munneke M, Bloem BR, Overeem S. Nocturnal hypokinesia and sleep quality in Parkinson's disease. *J Am Geriatr Soc*. 2012;60(6):1104-8.
18. Louter M, van Sloun RJ, Pevernagie DA, Arends JB, Cluitmans PJ, Bloem BR, et al. Subjectively impaired bed mobility in Parkinson disease affects sleep efficiency. *Sleep Med*. 2013;14(7):668-74.
19. Viwattanakulvanid P, Kaewwilai L, Jitkrisadaku O, Brenden NR, Setthawatcharawanich S, Boonrod N, et al. The impact of the nocturnal disabilities of Parkinson's disease on caregivers' burden: implications for interventions. *J Neural Transm (Vienna)*. 2014;121 Suppl 1:S15-24.
20. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*. 1967;17(5):427-42.
21. Mount J, Cianci H, Weiman R, Costa JD, Tabibian H, P J. How People with Parkinson's Disease Get Out of Bed. *Phys Occup Ther Geriatr*. 2009;27(5):333-59.
22. Ashburn A, Stack E, Ballinger C, Fazakarley L, Fitton C. The circumstances of falls among people with Parkinson's disease and the use of Falls Diaries to facilitate reporting. *Disabil Rehabil*. 2008;30(16):1205-12.
23. Trenkwalder C, Kies B, Rudzinska M, Fine J, Nikl J, Honczarenko K, et al. Rotigotine effects on early morning motor function and sleep in Parkinson's disease: a double-blind, randomized, placebo-controlled study (RECOVER). *Mov Disord* 2011;26:90-9.

24. Ray Chaudhuri K M-MP, Rolfe KA, Cooper J, Rockett CB, Giorgi L, Ondo WG. . Improvements in nocturnal symptoms with ropinirole prolonged release in patients with advanced Parkinson's disease. *Eur J Neurol* 2012;19:105-13.
25. Louter M, Maetzler W, Prinzen J, van Lummel RC, Hobert M, Arends JB, et al. Accelerometer-based quantitative analysis of axial nocturnal movements differentiates patients with Parkinson's disease, but not high-risk individuals, from controls. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2015;86(1):32-7.

## ประวัติคณะผู้วิจัย

## ผู้วิจัยหลัก

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายแพทย์รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Roongroj Bhidayasiri

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3100900089184

3. ตำแหน่งบริหาร หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ แห่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ตำแหน่งวิชาการ ศาสตราจารย์

เงินเดือน (บาท)

เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์)

4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรค

พาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ แห่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กทม. 10330

เบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ 02-256-4630

เบอร์โทรศัพท์มือถือ 089-541-9999

โทรสาร 02-256-4630

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail): rbh@chulapd.org

## ประวัติการศึกษา

ปริญญา	สาขาวิชา	มหาวิทยาลัย	ปี พ.ศ. ที่ได้รับ
แพทยศาสตรบัณฑิต	-	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๓๗
Diploma	Geriatric Medicine	The Royal College of Physicians & Surgeons of Glasgow	๒๕๔๑
Diplomat, American	Psychiatry & Neurology	University Hospitals of	๒๕๔๖

Board of Psychiatry & Neurology		Cleveland, Cleveland, OH, USA  UCLA Medical Centre and School of Medicine Los Angeles, CA, USA	
Fellowship	Movement Disorders	UCLA Medical Centre and School of Medicine Los Angeles, CA, USA	๒๕๔๘
Diplomat, Thai Board of Neurology	Neurology	The Medical Council of Thailand	๒๕๕๐
Fellowship	Neurology	The Royal College of Physicians of London, UK	๒๕๕๑

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้วิจัยหลัก เรื่อง การวิเคราะห์ปัญหาการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันระยะแรกและระยะปลาย และการพัฒนาเครื่องมือ และเทคนิคในการแก้ไขปัญหาการเดินติด และหกล้มในผู้ป่วยพาร์กินสัน (Gait assessments in patients with early and advanced Parkinson's disease and the development of effective treatment strategies.)

7.2 ผู้วิจัยหลักเรื่อง การตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่นในผู้ป่วยพาร์กินสันและโรคสั่นชนิดอื่นๆ (Kinematic analysis of tremor in Parkinson's disease and other tremor predominant disorders)

7.3 ผู้วิจัยหลักเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่ออาการพาร์กินสันเวลากลางคืน (Nocturnal Parkinson's disease study group) National Clinical symptoms Trial No: 01662427

7.4 ผู้วิจัยหลัก เรื่อง การลงทะเบียนผู้ป่วยพาร์กินสันในประเทศไทยเนื่องในโอกาสเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อุปนายกผู้อำนวยการสภาอากาศไทย โดยสภาอากาศไทย กระทรวงสาธารณสุข กรุงเทพมหานคร และสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (Parkinson's Disease Registry in Thailand)



๕. Bhidayasiri R, Hattori N, Jeon B, Chen RS, Lee MK, Bajwa JA, Mok VC, Zhang B, Syamsudin T, Tan LC, Jamora RD, Pisarnpong A, Poewe W. Asian perspectives on the recognition and management of levodopa 'wearing-off' in Parkinson's disease. *Expert Rev Neurother*. 2015 Sep 21:1-13.
๖. Choubtum L, Witoonpanich P, Hanchaiphibookkul S, Bhidayasiri R, Jitkriksadakul O, Pongpakdee S, Wetchaphanphesat S, Boonkongchuen P, Pulkes T. Analysis of SCA8, SCA10, SCA12, SCA17 and SCA19 in patients with unknown spinocerebellar ataxia: a Thai multicentre study. *BMC Neurol*. 2015 Sep 15;15:166.
๗. Dressler D, Altenmueller E, Bhidayasiri R, Bohlega S, Chana P, Chung TM, Frucht S, Garcia-Ruiz PJ, Kaelin A, Kaji R, Kanovsky P, Laskawi R, Micheli F, Orlova O, Relja M, Rosales R, Slawek J, Timerbaeva S, Warner TT, Saberi FA. Strategies for treatment of dystonia. *J Neural Transm (Vienna)*. 2015 Sep 14.
๘. Bhidayasiri R, Jitkriksadakul O, Boonrod N, Sringean J, Calne SM, Hattori N, Hayashi A. What is the evidence to support home environmental adaptation in Parkinson's disease? A call for multidisciplinary interventions. *Parkinsonism Relat Disord*. 2015 Oct;21(10):1127-32.
๙. Jitkriksadakul O, Thanawattano C, Anan C, Bhidayasiri R. Exploring the effect of electrical muscle stimulation as a novel treatment of intractable tremor in Parkinson's disease. *J Neurol Sci*. 2015 Nov 15; 358(1-2):146-52.
๑๐. Panyakaew P, Sringean J, Bhidayasiri R. Oneiric stupor in a 45-year-old nurse with rapidly progressive dementia: What is the diagnosis? *Clin Neurol Neurosurg*. 2015 Oct; 137:102-4.
๑๑. Bhidayasiri R, Chaudhuri KR, LeWitt P, Martin A, Boonpang K, van Laar T. Effective delivery of apomorphine in the management of Parkinson disease: practical considerations for clinicians and Parkinson nurses. *Clin Neuropharmacol*. 2015 May-Jun;38(3):89-103.
๑๒. Panyakaew P, Anan C, Bhidayasiri R. Visual deprivation elicits subclinical postural inflexibilities in

7.5 ผู้วิจัยหลักเรื่อง การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อคอบิดเกร็งที่ได้รับการรักษาด้วยการฉีดโบทูลินัม ทอกซิน (The impact of Botulinum toxin treatment in quality of life of cervical dystonia patients)

National clinical trial No: 01664013

7.6 เป็นผู้วิจัยหลักเรื่อง การศึกษาประโยชน์ของการส่งข้อความตัวอักษรผ่านทางโทรศัพท์มือถือเพื่อเตือนการรับประทานยาในผู้ป่วย พาร์กินสัน (The use of text message reminder to improve medication adherence in Parkinson's Disease patients)

7.7 ผู้วิจัยหลัก เรื่อง การศึกษาวิจัยผลของการเสริมเวย์โปรตีนต่อผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน: การเปลี่ยนแปลงของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของ ภาวะเครียดจาก ออกซิเดชัน, กรดอะมิโนและอนุพันธ์ในพลาสมา และการทำงานสมอง(Effect of undenatured cysteine-rich whey protein isolate (HMS 90®) in patients with Parkinson's Disease) National Clinical Trial No: 01662414

7.8 ผู้วิจัยหลักเรื่อง การศึกษาวิจัยระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง โดยไม่เข้าไปแทรกแซง และเป็นการศึกษา เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกรณีศึกษาและกลุ่มควบคุมที่สุ่มขึ้นมา (case control study) เพื่อระบุปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิด การไม่ตอบสนองต่อการรักษาแบบทุติยภูมิ (secondary non response) ที่มีต่อการฉีด BoNT-A ในผู้ป่วยที่มีอาการหดเกร็งของ กล้ามเนื้อบริเวณคอชนิดที่ไม่ทราบสาเหตุ (idiopathic cervical dystonia) (An international, retrospective, non interventional, case control study to identify factors influencing secondary non response to BoNT-A injections in subjects suffering from idiopathic cervical dystonia)

ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ย้อนหลัง ๓ ปี (ระบุแหล่งพิมพ์และปีที่ตีพิมพ์)

๑. Dressler D, Altenmueller E, Bhidayasiri R, Bohlega S, Chana P, Chung TM, Frucht S, Garcia-Ruiz PJ, Kaelin A, Kaji R, Kanovsky P, Laskawi R, Micheli F, Orlova O, Relja M, Rosales R, Slawek J, Timerbaeva S, Warner TT, Saberi FA. Erratum to: Strategies for treatment of dystonia. J Neural Transm (Vienna). 2015 Nov 6.
๒. Thanawattano C, Pongthornseri R, Anan C, Dumnin S, Bhidayasiri R. Temporal fluctuations of tremor signals from inertial sensor: a preliminary study in differentiating Parkinson's disease from essential tremor. Biomed Eng Online. 2015 Nov 4; 14(1):101.
๓. Fabbri M, Leodori G, Fernandes RM, Bhidayasiri R, Marti MJ, Colosimo C, Ferreira JJ. Neutralizing Antibody and Botulinum Toxin Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis. Neurotox Res. 2015 Oct 14.
๔. Bhidayasiri R, Sringean J, Thanawattano C. Sensor-based evaluation and treatment of nocturnal hypokinesia in Parkinson's disease: An evidence-based review. Parkinsonism Relat Disord. 2015 Sep 30. pii: S1353-8020(15)00440-X.

early Parkinson's disease. *J Neurol Sci.* 2015 Feb;349(1-2):214-9.

๑๓. Methawasin K, Bhidayasiri R, Phanthumchinda K, Kaufman L. Blepharoclonus: anatomical localization and etiological consideration.. *J Med Assoc Thai.* 2014 Sep;97(9):977-81.

๑๔. Ferreira JJ, Colosimo C, Bhidayasiri R, Marti MJ, Maisonobe P, Om S. Factors influencing secondary non-response to botulinum toxin type A injections in cervical dystonia. *Parkinsonism Relat Disord.* 2015 Feb;21(2):111-5.

๑๕. Jitkriksadakul O, Jagota P, Bhidayasiri R. Postural instability, the absence of sexual intercourse in the past month, and loss of libido are predictors of sexual dysfunction in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2015 Jan;21(1):61-7.

๑๖. Bhidayasiri R, Brenden N, Viwattanakulvanid P, Jitkriksadakul O, Tabucanon R, Jagota P, Hojer H. Identifying gaps in knowledge about Parkinson disease among medical professionals in Thailand. *Neurology.* 2014 Jun 17;82(24):2238-40.

๑๗. Jagota P, Vincent A, Bhidayasiri R. Transplacental transfer of NMDA receptor antibodies in an infant with cortical dysplasia. *Neurology.* 2014 May 6;82(18):1662-3.

๑๘. Bhidayasiri R, Jitkriksadakul O, Colosimo C. Nocturnal manifestations of atypical parkinsonian disorders. *J Parkinsons Dis.* 2014;4(2):223-36.

๑๙. Viwattanakulvanid P, Kaewwilai L, Jitkriksadakul O, Brenden NR, Setthawatcharawanich S, Boonrod N, Mekawichai P, Bhidayasiri R. The impact of the nocturnal disabilities of Parkinson's disease on caregivers' burden: implications for interventions. *J Neural Transm (Vienna).* 2014 Aug;121 Suppl 1:S15-24.

๒๐. Bhidayasiri R, Mekawichai P, Jitkriksadakul O, Panyakaew P, Kaewwilai L, Boonrod N, Petchrutchatachart S, Jagota P, Boonpeng K, Singmaneesakulchai S, Setthawatcharawanich S. Nocturnal journey of body and mind in Parkinson's disease: the manifestations, risk factors and their relationship to daytime symptoms. Evidence from the NIGHT-PD study. *J Neural Transm (Vienna).* 2014 Aug;121 Suppl 1:S59-68.

๒๑. Bhidayasiri R, Jitkriksadukul O, Petchrutchatachart S, Kaewwilai L, Panyakaew P, Boonrod N, Colosimo C. Nocturnal manifestations of atypical and vascular parkinsonism: how do they differ from Parkinson's disease? *J Neural Transm (Vienna)*. 2014 Aug;121 Suppl 1:569-77.
๒๒. Reichmann H, Bhidayasiri R. Nocturnal manifestations of Parkinson's disease and atypical Parkinsonism. *J Neural Transm (Vienna)*. 2014 Mar 22.
๒๓. Bhidayasiri R, Petchrutchatachart S, Pongthornseri R, Anan C, Dumnin S, Thanawattano C. Low-cost, 3-dimension, office-based inertial sensors for automated tremor assessment: technical development and experimental verification. *J Parkinsons Dis*. 2014;4(2):273-82.
๒๔. Bhidayasiri R, Jitkriksadukul O, Boonrod N, Rerknimitr R. Compassionate trial of levodopa carbidopa intestinal gel infusion in two patients with progressive supranuclear palsy. *Clin Neurol Neurosurg*. 2014 Jan;116:1-3.
๒๕. Jitkriksadukul O, Jagota P, Bhidayasiri R. The Arizona Sexual Experiences Scale: a validity and reliability assessment of the Thai translation (ASEX-Thai) in Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis*. 2014;4(2):205-10.
๒๖. Lerner V, Miodownik C, Sheva B, Bhidayasiri R, Fahn S, Gronseth GS, Sullivan KL, Zesiewicz TA. Evidence-based guideline: Treatment of tardive syndromes: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2013 Nov 26;81(22):1967.
๒๗. Bhidayasiri R, Fahn S, Weiner WJ, Gronseth GS, Sullivan KL, Zesiewicz TA; American Academy of Neurology. Evidence-based guideline: treatment of tardive syndromes: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2013 Jul 30;81(5):463-9.
๒๘. Panyakaew P, Bhidayasiri R. The spectrum of preclinical gait disorders in early Parkinson's disease: subclinical gait abnormalities and compensatory mechanisms revealed with dual tasking. *J Neural Transm (Vienna)*. 2013 Dec;120(12):1665-72.

๒๘. Ferreira JJ, Bhidayasiri R, Colosimo C, Marti MJ, Zakine B, Maisonobe P. Survey of practices employed by neurologists for the definition and management of secondary non-response to botulinum toxin in cervical dystonia. *Funct Neurol*. 2012 Oct-Dec;27(4):225-30.
๒๙. Bhidayasiri R, Reichmann H. Different diagnostic criteria for Parkinson disease: what are the pitfalls? *J Neural Transm (Vienna)*. 2013 Apr;120(4):619-25.
๓๐. Jitkriksadakul O, Jagota P, Petchrutchatachart S, Sansopha L, Rerknimitr R, Bhidayasiri R. Recurrent pancreatitis as a rare complication of duodenal levodopa infusion treatment. *Mov Disord*. 2013 Aug;28(9):1308-10.
๓๑. Singmaneesakulchai S, Limotai N, Jagota P, Bhidayasiri R. Expanding spectrum of abnormal movements in MELAS syndrome (mitochondrial encephalomyopathy, lactic acidosis, and stroke-like episodes). *Mov Disord*. 2012 Oct;27(12):1495-7.
๓๒. Yeetong P, Ausavarat S, Bhidayasiri R, Piravej K, Pasutharnchat N, Desudchit T, Chunharas C, Loplumlert J, Limotai C, Suphapeetiporn K, Shotelersuk V. A newly identified locus for benign adult familial myoclonic epilepsy on chromosome 3q26.32-3q28. *Eur J Hum Genet*. 2013 Feb;21(2):225-8.
๓๓. Jagota P, Asawavichienjinda T, Bhidayasiri R. The low prevalence of primary restless legs syndrome in Thai Parkinson's disease patients at Chulalongkorn University Hospital. *J Med Assoc Thai*. 2012 Feb;95(2):175-80.
๓๔. Bhidayasiri R, Chotipanich C, Joutsa J, Tepmongkol S, Wannachai N, Johansson J, Juiklom W, Rinne JO. Boxing and Parkinson disease: a link or a myth? An 18F-FDOPA PET/CT study in retired Thai traditional boxers. *Parkinsonism RelatDisord*. 2012 Jun;18(5):694-6.
๓๕. Roongpiboonsopit D, Shuangshoti S, Phanthumchinda K, Bhidayasiri R. Positional vomiting as the initial manifestation of Bruns syndrome due to cysticercosis in the fourth ventricle: a symptom reminiscent of an old disease. *Eur Neurol*. 2012;67(3):184-5.

๓๗. Kanjanasut N, Jagota P, Bhidayasiri R. The first case report of neuroacanthocytosis in Thailand: utilization of a proper technique searching for acanthocytes. *Clin Neurol Neurosurg.* 2012 May;114(4):425-6.
39. Puschmann A, Bhidayasiri R, Weiner WJ. Synucleinopathies from bench to bedside. *Parkinsonism Relat Disord.* 2012 Jan;18 Suppl 1:S24-7.
๓๘. Bhidayasiri R, Truong DD. Therapeutic strategies for nonmotor symptoms in early Parkinson's disease: the case for a higher priority and stronger evidence. *Parkinsonism Relat Disord.* 2012 Jan;18 Suppl 1:S110-3.
๓๘. Jagota P, Bhidayasiri R, Lang AE. Movement disorders in patients with diabetes mellitus. *J Neurol Sci.* 2012 Mar 15;314(1-2):5-11.
๔๐. Jagota P, Asawavichienjinda T, Bhidayasiri R. Prevalence of neuroleptic-induced restless legs syndrome in patients taking neuroleptic drugs. *J Neurol Sci.* 2012 Mar 15;314(1-2):158-60. doi: 10.1016/j.jns.2011.10.032.
๔๑. Limotai N, Oyama G, Go C, Bernal O, Ong T, Moum SJ, Bhidayasiri R, Foote KD, Bowers D, Ward H, Okun MS. Addiction-like manifestations and Parkinson's disease: a large single center 9-year experience. *Int J Neurosci.* 2012 March; 122(3):145-53.

#### งานวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

1. การวิเคราะห์ปัญหาการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันระยะแรก และระยะปลาย และการพัฒนาเครื่องมือ และเทคนิคในการแก้ไข ปัญหาการเดินติด และหกล้มในผู้ป่วยพาร์กินสัน (Gait Assessments in Patients with Early and Advanced Parkinson's disease and the development of effective treatment strategies.)
2. การตรวจวัดและวิเคราะห์ท่าการสั่นในผู้ป่วยพาร์กินสันและโรคสั่นชนิดอื่นๆ (Kinematic analysis of tremor in Parkinson's disease and other tremor predominant disorders)
3. การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่ออาการพาร์กินสันเวลากลางคืน (Nocturnal Parkinson's Disease Symptoms Study Group)

4. การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อคอบิดเกร็งที่ได้รับการรักษาด้วยการฉีดโบทูลินัมทอกซิน (The Impact of Botulinum Toxin Treatment in Quality of Life of Cervical Dystonia Patients)
5. Epidemiological study to determine mutations in the Gaucher gene in patients with idiopathic Parkinson's disease for phenotype-genotype correlation
6. "Open-Label Continuation Treatment Study With Levodopa-Carbidopa Intestinal Gel In Subjects With Advanced Parkinson's Disease And Severe Motor-Fluctuations Who Have Exhibited A Persistent And Positive Effect To Treatment In Previous Studies"
7. การศึกษาประโยชน์ของการส่งข้อความตัวอักษรผ่านทางโทรศัพท์มือถือเพื่อเตือนการรับประทานยาในผู้ป่วยพาร์กินสัน (The Use of Text Message Reminder to Improve Medication Adherence in Parkinson's Disease Patients)
8. ความชุกของการเกิดภาวะเสื่อมสมรรถภาพทางเพศในผู้ป่วยพาร์กินสันเปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่ไม่เป็นโรคพาร์กินสัน ประเมินโดยแบบสอบถามประสบการณ์ทางเพศของมหาวิทยาลัยแอริโซนา (Prevalence of Sexual Dysfunction in Parkinson's Disease Patients Compare To Non-Parkinson's Disease Patients Evaluated By Arizona Sexual Experiences Scale)

## ชื่อผู้วิจัยร่วม

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) แพทย์หญิง อรอนงค์ จิตรกฤษฎากุล

ชื่อ -นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Onanong Jitkrisadukul

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3101400545254

3. ตำแหน่งแพทย์ประจำบ้านต่อยอด

เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

แห่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กทม. 10330

เบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ 02-256-4630

เบอร์โทรศัพท์มือถือ 089-203-3352

โทรสาร 02-256-4630

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) wow\_onanong@hotmail.com

## ประวัติการศึกษา

ปริญญา	สาขาวิชา	มหาวิทยาลัย	ปี พ.ศ. ที่ได้รับ
แพทยศาสตรบัณฑิต	-	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๔๙
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	Geriatric Medicine	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๕๖

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้วิจัยหลักเรื่อง ความชุกของการเกิดภาวะเสื่อมสมรรถภาพทางเพศในผู้ป่วยพาร์กินสันเปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่ไม่

เป็นโรคพาร์กินสัน ประเมินโดยแบบสอบถามประสบการณ์ทางเพศของมหาวิทยาลัยอาร์โซนา (Prevalence of Sexual Dysfunction in Parkinson's Disease Patients Utilizing By Arizona Sexual Experiences Scale)

7.2 ผู้วิจัยร่วม เรื่อง การวิเคราะห์ปัญหาการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันระยะแรกและระยะปลาย และการพัฒนาเครื่องมือ

และเทคนิคในการแก้ไขปัญหาการเดินติด และหกล้มในผู้ป่วยพาร์กินสัน (Gait assessments in patients with



early and advanced Parkinson's disease and the development of effective treatment strategies.)

7.3 ผู้วิจัยร่วม เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่ออาการพาร์กินสันเวลากลางคืน (Nocturnal Parkinson's disease symptoms study group) National Clinical Trial No: 01662427

7.4 ผู้วิจัยร่วม เรื่อง การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อคอบิดเกร็งที่ได้รับการรักษาด้วยการฉีดโบทูลินัมทอกซิน (The impact of Botulinum toxin treatment in quality of life of cervical dystonia patients) National clinical trial No: 01664013

**ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ย้อนหลัง ๓ ปี (ระบุแหล่งพิมพ์และปีที่ตีพิมพ์)**

๑. Choubtum L, Witoonpanich P, Hanchaiphibookkul S, Bhidayasiri R, Jitkriksadakul O, Pongpakdee S, Wetchaphanphesat S, Boonkongchuen P, Pulkes T. Analysis of SCA8, SCA10, SCA12, SCA17 and SCA19 in patients with unknown spinocerebellar ataxia: a Thai multicentre study. *BMC Neurol.* 2015 Sep 15;15:166.
๒. Bhidayasiri R, Jitkriksadakul O, Boonrod N, Sringean J, Calne SM, Hattori N, Hayashi A. What is the evidence to support home environmental adaptation in Parkinson's disease? A call for multidisciplinary interventions. *Parkinsonism Relat Disord.* 2015 Oct;21(10):1127-32.
๓. Jitkriksadakul O, Thanawattano C, Anan C, Bhidayasiri R. Exploring the effect of electrical muscle stimulation as a novel treatment of intractable tremor in Parkinson's disease. *J Neurol Sci.* 2015 Nov 15;358(1-2):146-52.
๔. Jitkriksadakul O, Jagota P, Bhidayasiri R. Postural instability, the absence of sexual intercourse in the past month, and loss of libido are predictors of sexual dysfunction in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2015 Jan;21(1):61-7.
๕. Bhidayasiri R, Brenden N, Viwattanakulvanid P, Jitkriksadakul O, Tabucanon R, Jagota P, Hojer H. Identifying gaps in knowledge about Parkinson disease among medical professionals in Thailand. *Neurology.* 2014 Jun 17;82(24):2238-40
๖. Bhidayasiri R, Jitkriksadakul O, Colosimo C. Nocturnal manifestations of atypical parkinsonian disorders. *J Parkinsons Dis.* 2014;4(2):223-36.

๗. Viwattanakulvanid P, Kaewwilai L, Jitkritisadakul O, Brenden NR, Setthawatcharawanich S, Boonrod N, Mekawichai P, Bhidayasiri R. The impact of the nocturnal disabilities of Parkinson's disease on caregivers' burden: implications for interventions. *J Neural Transm (Vienna)*. 2014 Aug;121 Suppl 1:S15-24.
๘. Bhidayasiri R, Mekawichai P, Jitkritisadakul O, Panyakaew P, Kaewwilai L, Boonrod N, Petchrutchatachart S, Jagota P, Boonpeng K, Singmaneesakulchai S, Setthawatcharawanich S. Nocturnal journey of body and mind in Parkinson's disease: the manifestations, risk factors and their relationship to daytime symptoms. Evidence from the NIGHT-PD study. *J Neural Transm (Vienna)*. 2014 Aug;121 Suppl 1:S59-68.
๙. Bhidayasiri R, Jitkritisadakul O, Petchrutchatachart S, Kaewwilai L, Panyakaew P, Boonrod N, Colosimo C. Nocturnal manifestations of atypical and vascular parkinsonism: how do they differ from Parkinson's disease? *J Neural Transm (Vienna)*. 2014 Aug;121 Suppl 1:S69-77.
๑๐. Bhidayasiri R, Jitkritisadakul O, Boonrod N, Rerknimitr R. Compassionate trial of levodopa carbidopa intestinal gel infusion in two patients with progressive supranuclear palsy. *Clin Neurol Neurosurg*. 2014 Jan;116:1-3.
๑๑. Jitkritisadakul O, Jagota P, Bhidayasiri R. The Arizona Sexual Experiences Scale: a validity and reliability assessment of the Thai translation (ASEX-Thai) in Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis*. 2014;4(2):205-10.
๑๒. Jitkritisadakul O, Jagota P, Petchrutchatachart S, Sansopha L, Rerknimitr R, Bhidayasiri R. Recurrent pancreatitis as a rare complication of duodenal levodopa infusion treatment. *Mov Disord*. 2013 Aug;28(9):1308-10.

## ชื่อผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) แพทย์หญิง จิรดา ศรีเงิน

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Jirada Sringean

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3101701133214

3. ตำแหน่งแพทย์ประจำบ้านต่อยอด

เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

แห่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กทม. 10330

เบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ 02-256-4630

เบอร์โทรศัพท์มือถือ 084-148-8892

โทรสาร 02-256-4630

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ann\_jira@yahoo.com

## ประวัติการศึกษา

ปริญญา	สาขาวิชา	มหาวิทยาลัย	ปี พ.ศ. ที่ได้รับ
แพทยศาสตรบัณฑิต	-	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๕๐
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	Movement Disorders	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๕๘

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

ผู้วิจัยหลัก เรื่อง A controlled study of risk factors and characteristics of addiction-like behaviors in Thai Parkinson's disease patients: Analysis of 120 cases

ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ย้อนหลัง ๓ ปี (ระบุแหล่งพิมพ์และปีที่ตีพิมพ์)

- Bhidayasiri R, Sringean J, Thanawattano C. Sensor-based evaluation and treatment of nocturnal hypokinesia in Parkinson's disease: An evidence-based review. Parkinsonism Relat Disord. 2015 Sep 30. pii: S1353-8020(15)00440-X.

๒. Bhidayasiri R, Jitkriksadukul O, Boonrod N, Sringean J, Calne SM, Hattori N, Hayashi A. What is the evidence to support home environmental adaptation in Parkinson's disease? A call for multidisciplinary interventions. *Parkinsonism Relat Disord*. 2015 Oct;21(10):1127-32.
๓. Panyakaew P, Sringean J, Bhidayasiri R. Oneiric stupor in a 45-year-old nurse with rapidly progressive dementia: What is the diagnosis? *Clin Neurol Neurosurg*. 2015 Oct;137:102-4.

## ชื่อผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร.ชusakดิ์ ธนวัฒน์โน

ชื่อ -นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Chusak Thanawattano

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3101403096736

3. ตำแหน่ง นักวิจัย

เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และ คอมพิวเตอร์แห่งชาติ

112 ถนนพหลโยธิน ตาบลดคลองหนึ่ง อําเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

เบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ 02-564-6900 #2536

เบอร์โทรศัพท์มือถือ 085-122-0377

โทรสาร 02-256-4630

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) [chusakt@gmail.com](mailto:chusakt@gmail.com)

## ประวัติการศึกษา

การศึกษา	ชื่อสถานศึกษา	ปริญญา	สาขาวิชา	วัน/เดือน/ปี ที่สำเร็จการศึกษา
	Chiang Mai University, Chiang Mai, THAILAND	Bachelor Degree / Electrical Engineering	Communication & Power	1995
	Vanderbilt University, Nashville, TN, the United States	Master of Science / Electrical Engineering	Signal Processing	2000
	Vanderbilt University, Nashville, TN, the United States	Ph.D. / Electrical Engineering	Signal Processing	2001

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ วิศวกรรมชีวเวช

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้วิจัยร่วม เรื่อง ระบบวิเคราะห์การนอนผิดปกติ

7.2 ผู้วิจัยร่วม เรื่อง ระบบจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการสั่นบนระบบเครือข่ายก่อนเมฆ

7.3 ผู้วิจัยร่วม เรื่อง ระบบตรวจวัดวิเคราะห์อาการสั่น

ภาคผนวก

The manuscript has been assigned to issues 53(4) which should come out late Spring 2016. When it gets closer, the copy editors will be in touch.



**CAPTURING NIGHTTIME SYMPTOMS IN PARKINSON'S DISEASE: TECHNICAL DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF INERTIAL SENSORS FOR NOCTURNAL HYPOKINESIA**

Journal:	<i>Journal of Rehabilitation Research &amp; Development</i>
Manuscript ID:	JRRD-15-04-0062.R1
Manuscript Subtype:	Technical Reports
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Bhidayasiri, Roongroj; Chulalongkorn Centre of Excellence on Parkinson's Disease & Related Disorders, Neurology; UCLA School of Medicine, Neurology Sringean, Jirada; Chulalongkorn Center of Excellence on Parkinson's Disease & Related Disorders, Neurology Taechalertpaisarn, Poonpak; Chulalongkorn Center of Excellence on Parkinson's Disease & Related Disorders, Neurology Thanawattano, Chusak; National Electronics and Computer Technology Centre, Biomedical Signal Processing Laboratory
Keywords:	Accelerometers, Ambulatory monitoring, Getting out of bed, Nocturnal hypokinesia, Rolling over, Parkinson's disease, Nocturnal akinesia, Nocturia

SCHOLARONE™  
Manuscripts



CAPTURING NIGHTTIME SYMPTOMS IN PARKINSON'S DISEASE:  
TECHNICAL DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL VERIFICATION  
OF INERTIAL SENSORS FOR NOCTURNAL HYPOKINESIA

Roongroj Bhidayasiri MD., FRCP., FRCPI.<sup>1,2,3</sup>

Jirada Sringean, MD.<sup>1</sup>

Poonpak Taechalertpaisarn, EE.<sup>1</sup>

Chusak Thanawattano, PhD.<sup>4</sup>

(The authors have no conflict of interest)

<sup>1</sup>Chulalongkorn Center of Excellence on Parkinson Disease & Related Disorders, Department of Medicine, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University and King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok, 10330, Thailand, <sup>2</sup>Department of Neurology, David Geffen School of Medicine at UCLA, Los Angeles 90095, USA., <sup>3</sup>Department of Rehabilitation Medicine, Juntendo University, Tokyo, Japan., <sup>4</sup>Biomedical Signal Processing Laboratory, National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC), Pathumthani, Thailand.

**Running title:** Sensors for nocturnal hypokinesia in PD

**Author Roles**

1. Research project: A. Conception, B. Organization, C. Execution;
2. Statistical Analysis: A. Design, B. Execution, C. Review and Critique;

3. Manuscript Preparation: A. Writing of the first draft, B. Review and Critique

Roongroj Bhidayasiri (RB): 1A, 1B, 1C, 2C, 3A, 3B

Jirada Sringean (JS): 1B, 1C, 2A, 3A

Poonpak Taechalertpaisarn (PT): 1B, 1C, 2C

Chusak Thanawattano (CT): 1B, 1C, 3B

**Address Correspondence to:**

Roongroj Bhidayasiri, MD, FRCP, FRCPI.

Chulalongkorn Center of Excellence on Parkinson Disease & Related Disorders

Chulalongkorn University Hospital

1873 Rama 4 Road, Bangkok 10330, Thailand.

Tel: (+662) 256-4627; Fax: (+662) 256-4630

Email address: rbh@chulapd.org

Word count: 3,451 words; Title count: 134 characters

**Abstract**

Although nocturnal hypokinesia represents one of the most common nocturnal disabilities in Parkinson's disease (PD), it is often a neglected problem in daily clinical practice. We have developed a portable ambulatory motion recorder (the NIGHT-Recorder), which consists of 16-bit triaxial iMEMs accelerometers that are specifically designed to measure movements and to register the position of the body with respect to gravity, and provide information on rotations on the longitudinal axis while lying in bed. The signal processing utilizes the forward derivative method to identify rolling over and getting out of bed as primary indicators. The prototype was tested on 6 PD pairs to measure their movements for one night. Using pre-determined definitions, 134 movements were captured consisting of rolling over 115 times and getting out of bed 19 times. PD patients rolled over significantly fewer times than their spouses ( $p=0.028$ ), and the position change was significantly smaller in PD patients ( $p=0.028$ ). PD patients rolled over at a significantly slower speed ( $p=0.028$ ) and acceleration ( $p=0.028$ ) than their spouses. In contrast, PD patients got out of bed significantly more often than did their spouses ( $p=0.02$ ). It is technically feasible to develop an easy-to-use, portable, and accurate device that can assist physicians in the assessment of nocturnal movements of PD patients.

**Key words:** Accelerometers; Ambulatory monitoring; Getting out of bed; Nocturnal hypokinesia; Nocturnal akinesia; Nocturia; Rolling over; Parkinson's disease

## Introduction

Parkinson's disease (PD) is a progressive neurodegenerative disorder with the cardinal features of bradykinesia, rest tremor, rigidity, and postural instability [1]. Nonmotor symptoms (NMS) in PD are increasingly being recognized in both early and late phases of the disease and sometimes they are experienced even before the onset of the first motor symptoms, which currently are needed to confirm the diagnosis [2]. The evidence is also clear that the range of NMS, including autonomic dysfunction, psychiatric complications, pain, fatigue and sleep problems contribute significantly to poor health-related quality of life in PD patients [3]. While treatment strategies are widely established for daytime symptoms of PD, nighttime problems often are neglected in clinical practice [4]. The inadequate recognition of nighttime problems in PD may be due to a lack of awareness by both patients and treating physicians that these symptoms are PD-related, and the inability of patients to articulate their nighttime problems during consultations. Depending upon the instruments used to assess nocturnal symptoms, disturbances during the night are reported to be very common among PD patients. A recent study found that 96.6% of patients had at least one nocturnal symptom, based on the criteria developed for the modified version of the Parkinson's Disease Sleep Scale [5]. Nocturnal symptoms of PD should not be viewed as solely a nighttime problem. It is more accurate to consider them as part of a continuum of manifestations that primarily occur in the night but with a significant impact on patients' symptoms and functioning during the day as well. Recent studies also provide strong evidence of a negative impact of nocturnal symptoms on patients' quality of life and increased caregiver burden [6,7].

Nocturnal symptoms in PD can be categorized into four groups: 1) PD-related motoric symptoms and nocturia; 2) treatment-related nocturnal disturbances; 3) psychiatric symptoms; and 4) other sleep disorders [8]. Among motoric symptoms, inability to turn over in bed was rated as the most troublesome symptom and affected 45-80% of PD patients with insomnia [9]. The ability to roll over is an important sleep movement because it can enable the person to change positions, which can reduce the severity of breathing disorders or pressure sores that may occur in PD patients while sleeping [10]. Symptoms may last throughout the night and extend to the early morning upon waking, including the difficulty in getting out of bed unaided, severe tremor, foot dystonia, and painful leg cramps [11,12]. Sleep problems (middle and late night insomnia and daytime sleepiness) were also considered by many advanced PD patients as their most troublesome symptoms [13]. These problems are not usually evident during the daytime, but frequently occur with excessive daytime somnolence and fatigue although recent evidence suggests that these symptoms are not highly correlated [14,15]. They also pose significant challenges for physicians to recognize specific nocturnal symptoms in individual patients and focus the treatment regimen accordingly [14,16]. It is considered good practice for physicians to take the initiative and raise the issue of nocturnal problems with their patients if it is suspected during routine consultations [17]. For the reasons noted above, there is a need to develop instruments that are clinically applicable and can assist the treating physicians in developing treatment regimens and rehabilitation programs based upon an accurate diagnosis of nocturnal symptoms.

There currently are various methods that can help determine the presence of nocturnal symptoms in PD patients. Most of them are in the form of surveys and questionnaires.

Earlier practice utilized non-formalized surveys to identify nighttime problems in PD [18,19]. Specific scales, such as the Parkinson's Disease Sleep Scale (PDSS), the Pittsburgh Sleep Quality Index, and the Scales for Outcomes in PD-Sleep (SCOPA-Sleep) have been developed specifically to evaluate sleep and nocturnal disabilities in PD [20-22]. Recently, our group has modified the PDSS in order to capture more nocturnal symptom domains and provide the evidence for the relationship between the nocturnal manifestations of PD and the daytime wearing-off [5]. With the advances in sensor technology, there is increased interest in the ambulatory assessment of symptoms in PD [23-25], but very few studies have been dedicated to the objective monitoring of nocturnal symptoms [26,27]. Actigraphy is a small, wrist watch-sized activity monitor that can register and quantify physical activity. It has been tested to estimate information about sleep variables (e.g. total sleep time, sleep efficiency, wake after sleep onset, number of wake bouts, daytime napping, etc.), with results compared with the gold standard overnight polysomnography in patients with PD [28-30]. However, a significant degree of variability in individual PD patients still occurs with actigraphy, limiting its use in daily clinical practice. Since the inability to turn over in bed is the major manifestation of nocturnal hypokinesia and preliminary evidence suggests that PD patients change their position in bed less frequently than do healthy elderly people or their spouses [11,31], we sought to develop an inertial sensor that can provide quantitative monitoring of axial rotation of patients with PD and their spouses while in bed.

## Materials and methods

### *Design and fabrication*

To detect rolling over in bed and related sleep disruptions, a device is needed to measure accurately the body position and movements throughout the sleep period. In this respect, Chulalongkorn Centre of Excellence on Parkinson's Disease & Related Disorders has collaborated with Thailand's National Electronics and Computer Technology Center in developing a portable ambulatory motion recorder (the NIGHT-Recorder) specifically for this purpose. The NIGHT-Recorder is composed of five modules: a microcontroller, a power management module, a sensor module, a real-time clock module, and a data storage module (Fig. 1). The NIGHT-Recorder is powered by a single AA-sized battery (1000 mAh). With its power consumption of 30 mW, the device can record up to 50 hours or about 6 nights for a regular 8-hr sleep period. The sensor module consists of a 16-bit digital-output triaxial integrated microelectromechanical system (iMEMS) accelerometers (3\*5\*1 mm, 0.18-0.7 mA) that is capable of measuring linear acceleration in three translational planes ( $x, y, z$ ). The axis arrangement of the sensor is shown in Fig. 1 with the transverse plane of the chest representing the  $y$ -axis. This device has been specifically designed to measure movements and to determine the position of a human body with respect to gravity, providing information on rotations in the longitudinal axis while lying in bed. The accelerometer utilizes a differentiable capacitor with central plates attached to the moving mass and fixed external plates. The detected acceleration unbalances the capacitor resulting in the output wave of the accelerometer.

The NIGHT-Recorder was mounted on a lightweight plastic module, 45\*65\*23 mm, weight 28.9 g, with offset and temperature drift compensation (Fig. 1). The device was calibrated by measuring the signal under controlled inclination, i.e. by rotating the device to provide a signal output corresponding to +1 and -1 g (the gravitational constant). However, it can provide a programmable full-scale range of  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$ , and  $\pm 16g$  respectively. With the full scale range set to  $\pm 8g$ , the smallest change the sensor can detect is 0.244 milli-g or  $2.393 \text{ mm/s}^2$ . The DC output is zero when the sensitive axis is parallel to the gravitational axis. The recordings were obtained with a 10-Hz sampling rate, and data were stored on a 1Gb-secure digital (SD) memory card in a comma-separated value (CSV) format. Each hour of recording constitutes 950 kB of data for storage. A higher sampling rate was considered unnecessary for recording nocturnal movements in which the movements tend to be slow.

The NIGHT-Recorder was fastened with Velcro bands, and worn above the nightclothes at the sternum about 5 cm below the jugulum as it is a rigid body structure close to the center of mass of the body, and to reduce artefacts caused by arm movements. The sensitive axis ( $y$ -axis) for body rollover was in a transverse horizontal plane to the frontal aspect of the sternum, the dorsum of the lower arm segment, the frontal aspect of thigh, and the lower leg segment (Fig. 2). The cost of the production of the whole system including the analysis software was approximately USD 800.

*Detection of rolling over in bed*



Rolling over in bed is defined as a series of unconscious motions during sleep involving rotational body movements [32]. In our study, we adopted the operational definition of rolling over as a series of at least a 15-degree rotational movement of the trunk from one static position to another static position that is sustained for at least 5 minutes in a  $y$ -axis plane. This criterion was applied in some previous studies although the period of sustained duration varied [26,31]. The movement of limbs was not considered as rolling over. In addition, we identified getting out of bed or sitting up activities from the recording by a rapid rise of acceleration in the  $x$ -axis of more than 45 degrees from either static or rotational movements [33].

#### *Signal processing*

After one night recording, the data were transferred from the SD memory card to the workstation computer running a high-level language software for signal processing and analysis. After checking that signal output corresponded to +1 and -1 g, the data in the gravity unit were multiplied by the factor of 90 to convert to the angular data in the degree unit. Then, the angular data was filtered to dispose of high frequency (noisy) components by applying a moving average filter of 21 samples with the following equation:

$$y(n) = \frac{1}{21}x(n) + \frac{1}{21}x(n-1) + \frac{1}{21}x(n-2) + \dots + \frac{1}{21}x(n-20)$$

To reduce computational time while maintaining consistent results, the average filter was down-sampled by a factor of 60, resulting in the sampling rate of 10/minute. We found that this sampling rate is sufficient for the relatively slow movement at night.

To detect body rollover according to the above criteria, we performed the forward derivative method on the angular data to obtain its derivatives. Samples of the derivative signals that had values of larger than +15 or smaller than -15 degrees were identified as potential samples. The positive and negative values indicated the direction of the rollover, i.e. positive values for right turns and negative values for left turns accordingly. Then, the software only marked the samples, which fitted the operational definition of sustaining in a new static position of longer than 5 minutes. Similar procedures but with different criteria were also applied to the same set of data to obtain the getting out of bed activities. Figures 3 and 4 show the samples of the data set demonstrating rolling over and getting out of bed activities in one PD patient and his spouse.

#### *Experimental verification*

After the study was approved by the Human Ethical Committee of the Faculty of Medicine of Chulalongkorn University, 12 subjects (6 PD patients and their spouses) were invited to participate in the study as part of the experimental verification to record their nocturnal movements for one night. Six patients were evaluated by two independent movement disorders neurologists, whose assessment was based upon clinical findings and examinations. They assigned the diagnosis of PD, using the United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank (UKPDSBB) diagnostic

criteria [34]. In addition, all spouses were carefully examined by the same set of neurologists not to have any signs of parkinsonism. Subjects who were bed bound, took sedatives or hypnotics, or were diagnosed with any axial musculoskeletal disorders were excluded from the study. All participants provided informed consent.

### *Experimental procedure*

The experiment was conducted in patients' own bedrooms without any changes or modification of their sleeping environment. All subjects were set up with the NIGHT-Recorder placed at the sternum as described above. The whole set-up took less than 15 minutes. Subjects were instructed to complete a sleep diary for sleep times and the episodes of getting out of bed if awakened. Sleep times were defined as the period that the subjects were in bed excluding the first and the last 5 minutes. If any discrepancies occurred between sleep times as provided by subjects' records and sleep times registered by the accelerometer, the registration by the accelerometer was synchronized with the data reported by the subjects. The characteristics of rolling over include degrees, duration, velocity, and acceleration. Table 1 describes different outcome parameters in categories, descriptions, and units.

### *Statistical analysis*

Anonymous data, conforming to data protection legislation in Thailand, were transferred to the Chulalongkorn Centre of Excellence on Parkinson's Disease & Related Disorders for detailed statistical analysis. Baseline characteristics of both PD patients and their spouses were summarized using either means, standard deviation, or frequencies and percentages as appropriate. Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

was used for comparison of outcome parameters between PD patients and their spouses. A  $p$  value less than 0.05 was considered statistically significant. Statistical analysis was performed using SPSS version 17.0 software (SPSS Inc., Chicago IL).

## Results

Demographic data and disease characteristics of all subjects are shown in table 2. There were no significant differences between the age, weight, body mass index (BMI), and sleep duration between patients and their spouses. All subjects were right handed. All participants were able to complete a one-night assessment with the NIGHT-Recorder without any adverse events. All subjects wore the devices comfortably and did not feel the heat transmitted from the device onto their skin. The sleep duration was not significantly different between PD patients and their spouses. Mean disease duration of PD patients was 10.8 years (SD = 6.18). In total, 134 movements were captured: 115 rolling over and 19 getting out of bed activities. PD patients significantly had fewer episodes of rolling over than their spouses ( $p=0.028$ ) and the degree of rolling over was significantly smaller in PD patients ( $p=0.028$ ). PD patients significantly rolled less frequent (number of rolling over/hour) than their corresponding spouses ( $p=0.028$ ). While the duration of turns between the two groups was not statistically significant, PD patients rolled at a significantly slower speed ( $p=0.028$ ) and acceleration ( $p=0.028$ ) in comparison to their spouses. In contrast, PD patients significantly had more episodes of rising from bed activities than their spouses ( $p=0.02$ ). Pearson's correlation and scattered plots were also performed to determine the validity of each parameter (Appendix 1). These episodes had been

verified with each of the subject's corresponding sleep diary to identify that the purposes of all getting up episodes were nocturia. While four out of six PD patients (66.67%) had fewer episodes of rolling over in the latter half of the night, nocturia was observed throughout the night in all six PD subjects. Table 3 gives an overview of this data.

## Discussion

The aim of our study was to develop a device (the NIGHT-Recorder) that can capture axial rotational movements in PD. We hypothesized that PD patients might show different axial nocturnal movement patterns compared with their spouses, but only focused on the rolling over and getting-out-of-bed activities in this analysis. Our study provides an example of an accelerometer in a proper orientation that can be developed technically and with the required accuracy of measuring the kinematics of axial rotations at night can be achieved with this device. Moreover, the device is easy-to-set-up and is portable. The development of this device is relatively inexpensive with a potential for clinical applications for nocturnal assessment in PD patients.

Although the data can not as yet be generalized, the results of axial nocturnal movements in our pilot study have identified several characteristics of the problems of rolling over among PD patients, including less frequent turns, smaller turns, and slower turns when compared to matched spouses. These findings reinforce previous observations of nocturnal hypokinesia, mostly conducted in the form of questionnaires and interviews that impaired bed mobility exists and is likely to

contribute to a wide range of nocturnal motor and nonmotor symptoms in PD patients, such as stiffness, rigidity, pain, breathing disorders, nocturia, or even insomnia [5,9,18,19,35-37]. Moreover, a number of recent studies support the negative effects of nocturnal hypokinesia on the overall sleep quality, daytime symptoms, and the quality of life of both patients as well as caregivers [5,7,35-37].

There are several mechanisms underlying the axial disability in PD patients. Primarily, it is the clinical manifestation of the disease itself once the progression has reached the Hoehn and Yahr scale of at least stage 3 or more [38]. It appears that disorders of axial movements in PD patients are dependent on the duration of the disease progression and associated increases in severity due to neurodegeneration [39]. However, the aging process on nondopaminergic subcortical structures has been found to contribute to the axial impairment in PD [40]. Changes in postural alignment, such as camptocormia, Pisa syndrome, and scoliosis can also pose additional mechanical limitation when PD patients attempt to roll over [41]. Moreover, the loss of automatic associated movements at night causes the disruption of limb and axial movement sequences, and is probably another contributing factor to the problems of rolling over in PD patients [39]. Certain medications, such as neuroleptics, may have an affect on the ability of PD patients to turn at night.

Detection of the rolling over problems in PD has important clinical implications, particularly in the area of rehabilitation. As failure to turn in bed is associated with gait disturbances, postural instability, axial rigidity, whole body bradykinesia, and rising from a chair, identification of the impaired bed motility is likely to lead to early

intervention of axial disability in PD, which is now considered as the index of disease progression [39,42]. A study that evaluated the movement patterns used by PD patients for rising from bed indicated that PD patients were significantly less likely to vary the pattern of movement that they used for their trunk and head compared to older adults without PD, suggesting that there may be more constraints on degrees of freedom in the axial region for people with PD [43]. The rehabilitation program could impose a series of exercise training of turning in bed and teaching appropriate strategies for getting out of bed [9,43]. Identifying those at-risk for early rehabilitation program could potentially reduce the risk of falling since the majority of falls in PD happened at home, commonly in bedrooms when patients attempted to get out of bed to go to the toilet [44]. Recent evidence also suggested that physicians should be more proactive in referring PD patients, (particularly veterans with PD) to physical therapy and encouraging their participation in exercise [45]. As the ability to turn in bed can be dopamine responsive, physicians have the option of adjusting dopaminergic medications to improve nocturnal akinesia once identified [46,47]. Since our preliminary results suggested that nocturnal hypokinesia was probably more evident during the latter half of the night, therapeutic trial of levodopa at bedtime is unlikely to be of benefit due to its short half-life. However, these early findings should be properly evaluated in large randomized controlled trials as the findings could have a significant therapeutic implication on what treatment will be the most appropriate for PD patients with nocturnal hypokinesia (e.g. long-acting dopamine agonists). Adequate treatment of nocturnal akinesia can probably prevent other complications, such as pressure sores, breathing disorders, and aspiration, which are common in advanced PD patients. From a diagnostic perspective, subclinical axial movement alternations at night may be an important marker for the early diagnosis. However,

this proposal was not confirmed in one recent study involving 33 subjects with a high risk of developing PD [26].

With the advances in circuit technology, the sensors have become smaller in size and better in performance resulting in an emerging interest on this technology in the ambulatory assessment of nighttime symptoms in PD patients. Indeed, the majority of smartphones and portable media devices nowadays are also equipped with sensor components, such as accelerometers. Our study has provided a proof of principle that it is technically feasible to develop an easy-to-use, portable, accurate, and cost effective device that can assist physicians in the nocturnal assessment of PD patients. As it is often difficult for patients to provide adequate clinical information on their nighttime problems to their treating physicians, we hope that this system can provide objective evidence of the impairment of rollover in PD patients resulting in appropriate intervention to improve the nighttime symptoms and quality of life of PD patients. The application of this tool may extend to patients with other disorders which affect nighttime mobility, such as atypical parkinsonian disorders [48]. Since our research focuses on the identification of rolling over, additional studies are needed to develop the protocol to assess the full spectrum of nocturnal akinesia in PD patients. By utilizing multisite accelerometers, additional information can be gained if we can objectively capture various movement disorders that may occur nocturnally in PD patients. Furthermore, the device can also be used to study various bed turning strategies in PD patients, which are an important source of information for therapists in providing comprehensive rehabilitation in order to prevent nocturnal complications associated with PD.



**Acknowledgments**

This study was supported by the Ratchadapiseksomboj Endowment Fund of Chulalongkorn University (RES560530136 & RES560530137-HR), the grant from the National Research Council of Thailand (GRB-APS-13-58-30-10), research unit grant RA57/119 of Chulalongkorn University, and Cerebos award grant of Cerebos Thailand.

For Peer Review

**Declaration of interest statement**

All authors report no conflicts of interest to this study.

For Peer Review

References

- [1] Lang AE, Lozano AM. Parkinson's disease. First of two parts. *N Engl J Med* 1998;339:1044-53.
- [2] Truong DD, Bhidayasiri R, Wolters E. Management of non-motor symptoms in advanced Parkinson disease. *J Neurol Sci* 2008;266:216-28.
- [3] Gallagher DA, Lees AJ, Schrag A. What are the most important nonmotor symptoms in patients with Parkinson's disease and are we missing them? *Mov Disord* 2010;25:2493-500.
- [4] Chaudhuri KR. The basis for day and night-time control of symptoms of Parkinson's disease. *Eur J Neurol* 2002;9 Suppl 3:40-3.
- [5] Bhidayasiri R, Mekawichai P, Jitkritisadakul O, Panyakaew P, Kaewwilai L, Boonrod N, Petchrutchatachart S, Jagota P, Boonpeng K, Singmaneesakulchai S and others. Nocturnal journey of body and mind in Parkinson's disease: the manifestations, risk factors and their relationship to daytime symptoms. Evidence from the NIGHT-PD study. *J Neural Transm* 2014;121 Suppl 1:59-68.
- [6] Martinez-Martin P, Rodriguez-Blazquez C, Kurtis MM, Chaudhuri KR, Group NV. The impact of non-motor symptoms on health-related quality of life of patients with Parkinson's disease. *Mov Disord* 2011;26:399-406.
- [7] Viwattanakulvanid P, Kaewwilai L, Jitkritisadakul O, Brenden NR, Setthawatcharawanich S, Boonrod N, Mekawichai P, Bhidayasiri R. The impact of the nocturnal disabilities of Parkinson's disease on caregivers' burden: implications for interventions. *J Neural Transm* 2014;121 Suppl 1:15-24.

- [8] Barone P, Amboni M, Vitale C, Bonavita V. Treatment of nocturnal disturbances and excessive daytime sleepiness in Parkinson's disease. *Neurology* 2004;63:S35-8.
- [9] Stack EL, Ashburn AM. Impaired bed mobility and disordered sleep in Parkinson's disease. *Mov Disord* 2006;21:1340-2.
- [10] Szollosi I, Roebuck T, Thompson B, Naughton MT. Lateral sleeping position reduces severity of central sleep apnea / Cheyne-Stokes respiration. *Sleep* 2006;29:1045-51.
- [11] Grandas F, Iranzo A. Nocturnal problems occurring in Parkinson's disease. *Neurology* 2004;63:S8-11.
- [12] Stocchi F, Barbato L, Nordera G, Berardelli A, Ruggieri S. Sleep disorders in Parkinson's disease. *J Neurol* 1998;245 Suppl 1:S15-8.
- [13] Politis M, Wu K, Molloy S, P GB, Chaudhuri KR, Piccini P. Parkinson's disease symptoms: the patient's perspective. *Mov Disord* 2010;25:1646-51.
- [14] Verbaan D, van Rooden SM, Visser M, Marinus J, van Hilten JJ. Nighttime sleep problems and daytime sleepiness in Parkinson's disease. *Mov Disord* 2008;23:35-41.
- [15] Hoglund A, Broman JE, Palhagen S, Fredrikson S, Hagell P. Is excessive daytime sleepiness a separate manifestation in Parkinson's disease? *Acta Neurol Scand* 2015.
- [16] Comella CL. Sleep disorders in Parkinson's disease: an overview. *Mov Disord* 2007;22 Suppl 17:S367-73.
- [17] Medcalf P. Good practice in the assessment and management of nocturnal Parkinson's disease symptoms. *Age Ageing* 2005;34:435-8.

- [18] Lees AJ, Blackburn NA, Campbell VL. The nighttime problems of Parkinson's disease. *Clin Neuropharmacol* 1988;11:512-9.
- [19] Tandberg E, Larsen JP, Karlsen K. A community-based study of sleep disorders in patients with Parkinson's disease. *Mov Disord* 1998;13:895-9.
- [20] Chaudhuri KR, Pal S, DiMarco A, Whately-Smith C, Bridgman K, Mathew R, Pezzela FR, Forbes A, Hogl B, Trenkwalder C. The Parkinson's disease sleep scale: a new instrument for assessing sleep and nocturnal disability in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002;73:629-35.
- [21] Marinus J, Visser M, van Hilten JJ, Lammers GJ, Stiggelbout AM. Assessment of sleep and sleepiness in Parkinson disease. *Sleep* 2003;26:1049-54.
- [22] Buysse DJ, Reynolds CF, 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res* 1989;28:193-213.
- [23] Hobert MA, Maetzler W, Aminian K, Chiari L. Technical and clinical view on ambulatory assessment in Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand* 2014;130:139-47.
- [24] Maetzler W, Domingos J, Srulijes K, Ferreira JJ, Bloem BR. Quantitative wearable sensors for objective assessment of Parkinson's disease. *Mov Disord* 2013;28:1628-37.
- [25] Bhidayasiri R, Petchrutchatachart S, Pongthornseri R, Anan C, Dumnin S, Thanawattano C. Low-cost, 3-dimension, office-based inertial sensors for automated tremor assessment: technical development and experimental verification. *J Parkinsons Dis* 2014;4:273-82.
- [26] Louter M, Maetzler W, Prinzen J, van Lummel RC, Hobert M, Arends JB, Bloem BR, Streffer J, Berg D, Overeem S and others. Accelerometer-based

- quantitative analysis of axial nocturnal movements differentiates patients with Parkinson's disease, but not high-risk individuals, from controls. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2015;86:32-7.
- [27] Yoneyama M, Mitoma H, Okuma Y. Accelerometry-based long-term monitoring of movement disorders: From diurnal gait behavior to nocturnal bed mobility. *J Mech Med Biol* 2013;13:1350041.
- [28] Maglione JE, Liu L, Neikrug AB, Poon T, Natarajan L, Calderon J, Avanzino JA, Corey-Bloom J, Palmer BW, Loreda JS and others. Actigraphy for the assessment of sleep measures in Parkinson's disease. *Sleep* 2013;36:1209-17.
- [29] Louter M, Arends JB, Bloem BR, Overeem S. Actigraphy as a diagnostic aid for REM sleep behavior disorder in Parkinson's disease. *BMC Neurol* 2014;14:76.
- [30] Bolitho SJ, Naismith SL, Salahuddin P, Terpening Z, Grunstein RR, Lewis SJ. Objective measurement of daytime napping, cognitive dysfunction and subjective sleepiness in Parkinson's disease. *PLoS One* 2013;8:e81233.
- [31] Weller C, Bowes SG, Kirk CA, Nicholson PW, Dobbs RJ, Dobbs SM. Measurement of axial rotation: its relevance to screening for night-time hypokinesia in old age and parkinsonism. *Age Ageing* 1991;20:3-7.
- [32] Miwa H, Sasahara S, Matsui T. Roll-over detection and sleep quality measurement using a wearable sensor. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2007;2007:1507-10.
- [33] Weller C, Nicholson PW, Dobbs SM, Bowes SG, Purkiss A, Dobbs RJ. Reduced axial rotation in the spouses of sufferers from clinical idiopathic parkinsonism. *Age Ageing* 1992;21:189-94.

- [34] Gibb WR, Lees AJ. The relevance of the Lewy body to the pathogenesis of idiopathic Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988;51:745-52.
- [35] Pal PK, Thennarasu K, Fleming J, Schulzer M, Brown T, Calne SM. Nocturnal sleep disturbances and daytime dysfunction in patients with Parkinson's disease and in their caregivers. *Parkinsonism Relat Disord* 2004;10:157-68.
- [36] Louter M, Munneke M, Bloem BR, Overeem S. Nocturnal hypokinesia and sleep quality in Parkinson's disease. *J Am Geriatr Soc* 2012;60:1104-8.
- [37] Louter M, van Sloun RJ, Pevernagie DA, Arends JB, Cluitmans PJ, Bloem BR, Overeem S. Subjectively impaired bed mobility in Parkinson disease affects sleep efficiency. *Sleep Med* 2013;14:668-74.
- [38] Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967;17:427-42.
- [39] Steiger MJ, Thompson PD, Marsden CD. Disordered axial movement in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1996;61:645-8.
- [40] Levy G, Louis ED, Cote L, Perez M, Mejia-Santana H, Andrews H, Harris J, Waters C, Ford B, Frucht S and others. Contribution of aging to the severity of different motor signs in Parkinson disease. *Arch Neurol* 2005;62:467-72.
- [41] Doherty KM, van de Warrenburg BP, Peralta MC, Silveira-Moriyama L, Azulay JP, Gershanik OS, Bloem BR. Postural deformities in Parkinson's disease. *Lancet Neurol* 2011;10:538-49.
- [42] Evans JR, Mason SL, Williams-Gray CH, Foltynie T, Brayne C, Robbins TW, Barker RA. The natural history of treated Parkinson's disease in an incident, community based cohort. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2011;82:1112-8.

- [43] Mount J, Cianci H, Weiman R, Da Costa J, Tabibian H, Prochaska J. How people with Parkinson's disease get out of bed. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics* 2009;27:333-59.
- [44] Ashburn A, Stack E, Ballinger C, Fazakarley L, Fitton C. The circumstances of falls among people with Parkinson's disease and the use of Falls Diaries to facilitate reporting. *Disabil Rehabil* 2008;30:1205-12.
- [45] Trail M, Petersen NJ, Nelson N, Lai EC. An exploratory study of activity in veterans with Parkinson's disease. *J Neurol* 2012;259:1686-93.
- [46] Trenkwalder C, Kies B, Rudzinska M, Fine J, Nikl J, Honczarenko K, Dioszeghy P, Hill D, Anderson T, Myllyla V and others. Rotigotine effects on early morning motor function and sleep in Parkinson's disease: a double-blind, randomized, placebo-controlled study (RECOVER). *Mov Disord* 2011;26:90-9.
- [47] Ray Chaudhuri K, Martinez-Martin P, Rolfe KA, Cooper J, Rockett CB, Giorgi L, Ondo WG. Improvements in nocturnal symptoms with ropinirole prolonged release in patients with advanced Parkinson's disease. *Eur J Neurol* 2012;19:105-13.
- [48] Bhidayasiri R, Jitkrittadikul O, Colosimo C. Nocturnal manifestations of atypical parkinsonian disorders. *J Parkinsons Dis* 2014;4:223-36.



## Figures

Figure 1: The configuration of the NIGHT-Recorder consisting of five modules: a microcontroller, a power management module, a sensor module, a real-time clock module, and a data storage module. It is powered by a single AA-sized battery (1000 mAh) and data are stored on a 1Gb-secure digital (SD) memory card.

Figure 2: Axis orientation of the NIGHT-Recorder when it is worn at the sternum about 5 cm below the jugulum. The sensitive axis ( $y$ -axis) for body rollover was in a transverse horizontal plane to the frontal aspect of the sternum, the dorsum of the lower arm segment, the frontal aspect of thigh, and the lower leg segment.

Figure 3: The samples of the data set demonstrating rolling over (Red arrow) activities in a PD patient (A) and his spouse (B). The episode of rolling over is automatically captured by the forward derivative method when there is at least a 15-degree rotational movement of the trunk from one static position to another static position that sustains for at least 5 minutes in a  $y$ -axis plane.

Figure 4: The samples of the data set demonstrating an episode of getting out of bed (Green arrow) in a PD patient (A). Getting out of bed activity is automatically captured when there is a rise of acceleration in the  $x$ -axis of more than 45 degrees from either a static or rotational movement. The signals were amplified to a larger scale in B. Red arrows identified rolling over episodes.

For Peer Review

Table 1: Definitions of nocturnal movement parameters used in our study

- *Duration of sleep (minutes)*: Total period whilst in bed excluding the first and the last five minutes
- *Axial movements (Rolling over)*: A series of at least a 15-degree rotational movement of the trunk from one static position to another static position that sustains for at least 5 minutes in a  $y$ -axis plane
- *Getting out of bed*: A rapid rise of acceleration in the  $x$ -axis of more than 45 degrees from either a static or rotational movement
- *Frequency (movements/hour)*: Number of rolling over per hour of the in bed period
- *Size (degrees)*: The angle of the change in position resulting from the axial movement
- *Duration of rolling over (seconds)*: Time spent of one episode of rolling over
- *Velocity (radiances/second)*: Mean size per second of the axial movement
- *Acceleration (radiances/second<sup>2</sup>)*: The rate of velocity change during axial movement

Table 2: Demographic data of PD patients and their spouses

Demographic data	PD patients (Mean±SD)	Spouses (Mean±SD)	<i>p</i> value
Number (males)	6 (6)	6 (0)	
Mean age (years)	65.50±7.45	66.67±7.76	0.88
Mean weight (kg)	69.67±14.46	66.50±14.95	0.35
Body Mass Index (BMI)	24.30±4.15	26.83±5.71	0.249
Disease duration	10.8±6.18		
Hoehn & Yahr stage	2.25±1.13		
UPDRS-III	21.5±10.71		

PD: Parkinson's disease; UPDRS-III: Unified Parkinson's Disease Rating Scale

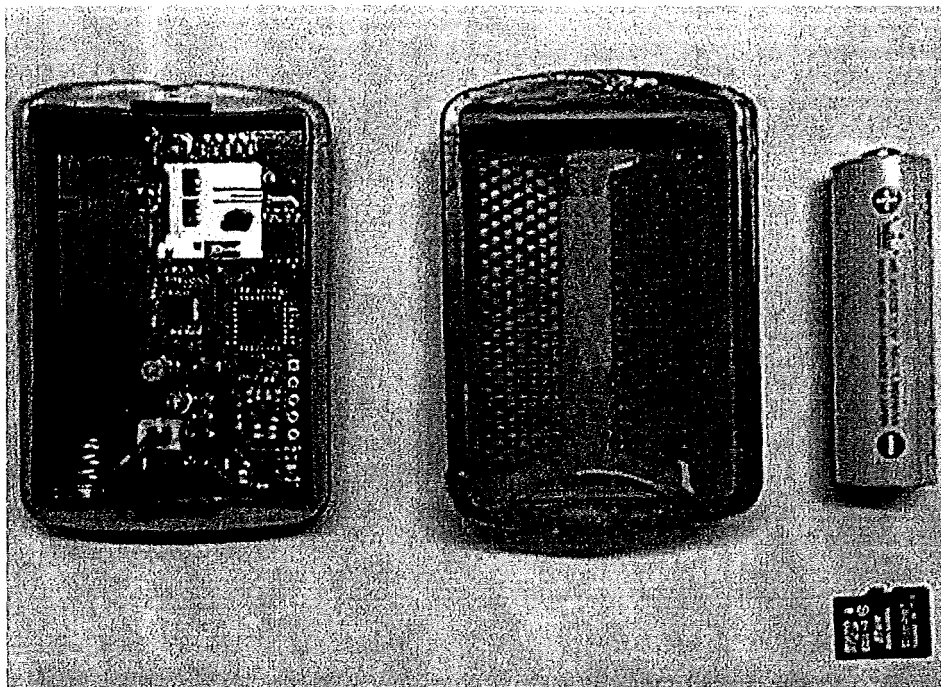
section 3

Table 3: Nocturnal movement parameters in PD patients and their spouses

Parameters	PD patients (Mean±SD)	Spouses (Mean±SD)	p value
Number (males)	6 (6)	6 (0)	
Sleep duration (min)	539.50±83.98	454.50±74.24	0.17
Total number of movements	35	99	
Getting out of bed	2.17±0.75	1.00±0.89	0.02*
Rolling over	3.67±2.50	15.50±10.54	0.028*
Frequency (movements/hour)	0.39±0.24	2.04±1.25	0.028*
Size (degrees)	40.37±11.78	81.42±8.40	0.028*
Duration of rolling over	12.02±3.83	14.76±5.12	0.463
Speed (radian/second)	0.08±0.02	0.14±0.03	0.028*
Acceleration (radian/second <sup>2</sup> )	0.06±0.03	0.18±0.04	0.028*

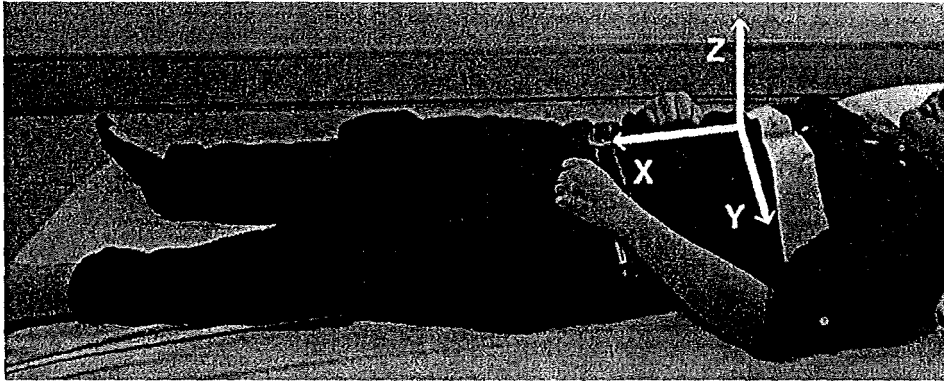
\* Denotes statistical significance

For Peer Review



120x87mm (300 x 300 DPI)

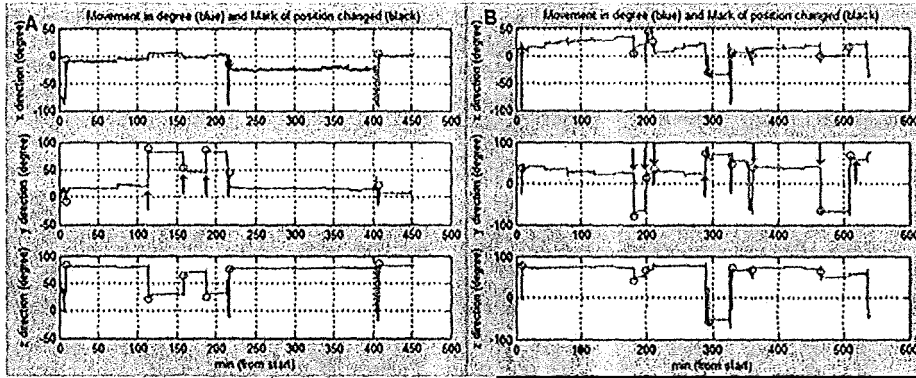
REVIEW



50x20mm (300 x 300 DPI)

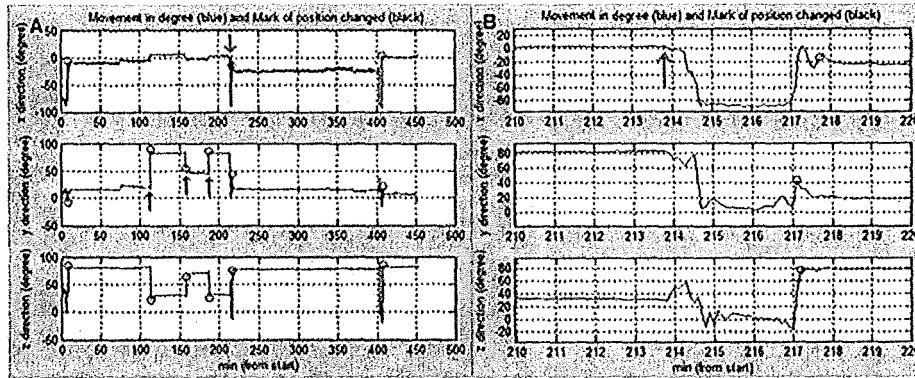
Peer Review





25x10mm (600 x 600 DPI)

Peer Review



25x10mm (600 x 600 DPI)

Peer Review

**Manuscript at-a-glance**

- Nocturnal disabilities are very common among Parkinson's disease (PD) patients with up to 96.6% of patients reporting at least one nocturnal symptom. These symptoms negatively impact patients' quality of life and increase caregiver burden.
- As part of the nocturnal disabilities in PD, nocturnal hypokinesia contributes to nighttime falls. The majority of falls happened in bedrooms when patients attempt to get out of bed.
- The aim of our study is to develop a portable ambulatory motion recorder (the NIGHT-Recorder) that can quantify nocturnal hypokinesia in PD patients. As part of the experimental verification, the device is able to capture the problems of fewer and slower rolling over episodes in PD patients in comparison to their spouses. In contrast, PD patients got out of bed more often than did their spouses. Therefore, the device helps identify those patients at-risk of nighttime disabilities for early intervention that includes rehabilitation.
- Our study provides the evidence that it is technically feasible to develop a portable device that can assist physicians in identifying patients who suffer or are at risk of nocturnal hypokinesia. Additional studies are warranted to develop protocols for early treatment, rehabilitation, and strategies to prevent nighttime falls or accidents in PD patients.

## Insights in nocturnal hypokinesia in Parkinson's disease:

### Quantitative data analysis derived from multisite wearable sensors.

Jirada Sringean, MD<sup>1</sup>, Poonpak Taechalertraisarn, EE<sup>2</sup>, Chusak Thanawatano, PhD<sup>3</sup> and Roongroj Bhidayasiri, MD, FRCP, FRCP(I)<sup>1,3</sup>  
<sup>1</sup>Chulalongkorn Center of Excellence on Parkinson's Disease and Related Disorders, Chulalongkorn University and King Chulalongkorn Memorial Hospital, Bangkok, Thailand;  
<sup>2</sup>National Electronics and Computer Technology Center, Phathumthani, Thailand and <sup>3</sup>Department of Neurology, Gerfen School of Medicine at UCLA, Los Angeles, CA, United States.



#### Background

Nocturnal hypokinesia can cause serious problems, including pain, bedsores, asphyxia. Since it is difficult to accurately report nighttime problems, wearable sensors can play a significant role in the quantification of it in PD patients assisting physicians to evaluation.

#### Objective

To quantitatively monitor nocturnal movements of PD patients and compare with their spouses by multisite accelerometers.

Age at onset (years)	54.53 (9.95)
Duration of disease (years)	10.05 (5.23)
Hoehn & Yahr	2.53 (0.42)
UPDRS III	23.26 (8.20)
History of nocturnal hypokinesia	11/19 (57.9%)
Total LED (mg/ day)	917.37 (464.71)
Nocturnal akinesia score	1.74 (1.18)
Nocturnal dystonia score	0.55 (0.85)
Nocturnal cramp score	0.79 (0.95)
Total NADCS	3.05 (2.25)
Total MPDSS	142.89 (28.96)



Multisite wearable sensors & Tri-axis plain

#### Method

Subjects were PD patients who met the criteria diagnosis of the UKPDS88 and their spouses whose age difference were less than 10 yrs. Participants were excluded if they were bed ridden, other neurological diseases, bone/joint diseases that may impair their nighttime mobility.

Demographic data, NADCS and MPDSS were recorded.

Multisite accelerometers were worn at both wrists, ankles, torso by patients and spouses.

The duration of monitoring was 8 hrs. Body turn was defined by change of 15 degrees from previous position of axis Y and sustained at least 5 minutes. Paired t-test and Pearson's correlation were used.

#### Results

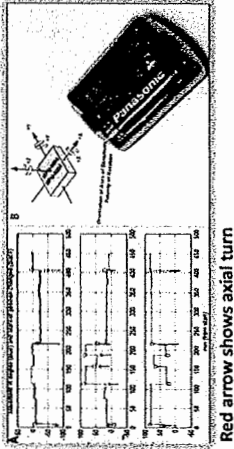
Nineteen patients (14 males, 5 females) and their spouses participated in the study. Demographic data, nocturnal parameters were shown in table 1, 2. We found the statistical significant difference in the number of body turn, degree of body turn, velocity, acceleration, number of nocturia between patients and their spouses. Significant moderate correlations were observed between H&Y staging and cramp score of NADCS, and total NADCS, the duration of disease and total NADCS, the mean time of body turn and subscore of UPDRS section III (No. 27-30, axial symptoms), and MPDSS subscore (No. 9 urgency due to bradykinesia), the average degree of body turn and MPDSS subscore (No. 3 not sleep well).

#### Nocturnal parameters compare between PD patients and their spouses

Parameters	Patients, mean (SD)	Spouses, mean (SD)	P-value
Age (years)	64.63 (7.95)	64.32 (8.46)	0.833
Weight (kg)	61.13 (13.84)	62.63 (10.86)	0.727
Number of body turn (times)	9.56 (6.88)	10.53 (7.34)	0.545
Mean time change of body turn (sec)	15.4 (11.8)	17.2 (19.7)	0.536
Average degree of change of body turn (degree)	56.24 (21.75)	76.65 (15.98)	0.007
Velocity (rad/sec)	0.10 (0.06)	0.15 (0.05)	0.011
Acceleration (rad/sec <sup>2</sup> )	0.03 (0.04)	0.19 (0.04)	<0.001
Number of getting up at night (Nocturia times)	1.34 (1.21)	1.21 (1.08)	0.030
Duration of sleep (min)	498.21 (81.33)	453.21 (70.02)	0.063

Paired t-test, significant level defined by p value < 0.05

Graph demonstration of axial turn and Wearable sensor components



Red arrow shows axial turn

#### Conclusion

Our study has demonstrated the utility of wearable sensors for monitoring nocturnal movements in PD patients. The findings indicated that PD patients significantly had fewer turns, turn slower, and turn in a smaller degree compared to their matched spouses. The severity of nocturnal movements also correlated with axial symptom indicated by UPDRSIII and the sleep quality. Our data provides the object evidence of nocturnal mobility problems in PD patients, raising the awareness of nighttime problems in PD and focus of intervention to improve patient's quality of life.

#### Reference

1. Weller C, et al. Measurement of axial rotation: its relevance to screening for nighttime hypokinesia in old age and parkinsonism. Age Ageing 1991; 20:3-7.

#### Acknowledgement

Chulalongkorn Center of Excellence on Parkinson's Disease and Related Disorders  
 www.chulalongkorn.org

## Background

Nocturnal akinesia can be a distressing problem for both Parkinson's disease (PD) patients and caregivers. It can be the result of a long period of immobilization and it can cause bedsores and may predispose patients to aspiration pneumonia. The multisite wearable 3-axis accelerometers were developed to measure nocturnal movements in different body regions including the trunk, both arms, and both legs.

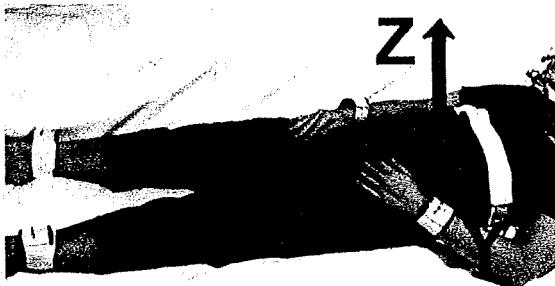
## Objective

To quantitatively compare the nocturnal movement of PD patients with their spouses by using multisite accelerometers.

## Method

The patients who met the diagnostic criteria of PD were included to the study with their spouses. The exclusion criteria were: 1) patients and/or spouses who were bed ridden or wheelchair bound; 2) a history of other neurological diseases or other muscle and joint diseases. Nocturnal akinesia dystonia and cramp score (NADCS) and Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) were recorded in the patient group. The patients and spouses wore the 3-axis (x,y,z) accelerometers at bilateral wrists, bilateral ankles, and trunk for 1 night and VDO was recorded at their bedroom. The 5-minute periods after going to bed and before waking up in the morning were excluded from the analysis. The definition of movement of the trunk is a change of 15 degrees from the previous position and sustained for 5 minutes in any axis. The movement of limbs is defined as a change of 15 degrees from the previous position and sustained for 2 minutes. The orientation of axis x, y, z as figure 1.

Figure 1



## Demographic data of 10 Parkinson's disease patients

Demographic data	Mean (SD)
Age (years)	67.1 (7.8)
Age of onset (years)	56.9 (11.0)
Duration of disease (years)	10.4 (6.3)
H&Y stage	2.6 (0.39)
UPDRS I/II/III/IV	3(1.7)/ 11.4(5.3)/ 25.5(9.7)/ 2.9 (3.1)
Total LED (mg)	821.75 (416.42)
Nocturnal akinesia score	1.3 (1.23)
Nocturnal dystonia score	0.2 (0.63)
Nocturnal cramp score	0.35 (0.75)
Total NADCS	1.85 (2.2)

## Result

This study included 10 PD patients (9 males and 1 female, 67.1±7.824 years) and 10 spouses (9 females and 1 male, 65.8±7.436). There were no significant differences in mean age between patients and spouses. Other demographic data of PD patients was shown in table 1. The data of patients and their spouses' nocturnal movements was shown in table 2. Although there were no differences between the number of truncal movements between PD patients and their spouses, PD patients turned with significant smaller degrees than their spouses (p=0.001). While PD patients had more episodes of getting up at night than their spouses (nocturia), the numbers did not reach statistical significance (p=0.07). However, there were a significant correlation between number of getting up at night and UPDRS-III (P 0.042, r 0.650). There were no statistical differences between patients and their spouses on the number of movements of the extremities, the predominant posture at night, and the duration of sleep.

## The nocturnal movement data of PD patients and spouses

Parameters, mean (SD)	Patients	Spouses	P-value
Age (years)	67.1 (7.8)	65.8 (7.4)	0.631
Weight (Kg)	66.5 (14.16)	64.3 (12.65)	0.715
Number of right arm movement	32.9 (18.51)	25.9 (11.53)	0.436
Number of left arm movement	33.4 (18.22)	27.3 (10.12)	0.393
Number of right leg movement	19.6 (9.97)	21.0 (11.64)	0.971
Number of left leg movement	18.3 (9.88)	21.8 (12.48)	0.631
Number of truncal movement	9.5 (8.02)	11.9 (7.80)	0.483
Average degree of axial turn	27.01 (6.30)	44.04 (12.94)	0.001
Number of getting up at night (nocturia)	2.1 (0.99)	1.1 (1.10)	0.075
Duration of sleep (hr)	8.35 (1.11)	7.78 (1.21)	0.315
Majority posture (axis Y of trunk)	15.43 (25.13)	13.02 (27.73)	0.684

## Conclusion

Our pilot study was able to quantitatively demonstrate the presence of nocturnal akinesia in PD patients. PD patients get up more frequently at night than their spouses but the non-significant result is probably due to the low number of subjects. Moreover, there is a significant correlation between the presence of nocturia and worsening UPDRS section III score suggesting that nocturia correlates with the severity of motor symptoms in PD. A future study is now planned to recruit more subjects with a longer record duration.