

หลักการกระตุ้นศูนย์กลางประสาทควบคุมการก้าวเดินที่ไขสันหลัง และหลักการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการฟื้นฟูการเดินแบบโลโคมอเตอร์เธอราพี (Locomotor therapy: principles of spinal locomotion and motor re-learning)

นพ.ภาริส วงศ์แพทย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

อาจารย์พิเศษ ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลรามารักษ์

บทนำ

ความพิการด้านการเดิน (walking) การเคลื่อนย้ายตัว (transferring) และการทรงตัว (maintaining body position) นั้น เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในกลุ่มผู้ป่วยทางระบบประสาท^(1,2) และเป็นสิ่งที่ทราบดีว่าการหย่อนหรือขาดความสามารถด้านต่าง ๆ เหล่านี้ มีผลกระทบต่ออวัยวะที่มีนัยสำคัญต่อความสามารถในการช่วยเหลือตนเองและในการดำรงชีวิตได้โดยอิสระตามลำพังแม้ผู้ป่วยที่มีความสามารถพอที่จะเดินได้ ก็มักมีการทรงตัวได้น้อยกว่าปกติ มีอัตราการเดินที่ช้าและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานสูงกว่าคนทั่วไป ซึ่งมีผลลบต่อระดับคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยผู้พิการจำนวนมาก

การฟื้นฟูความสามารถเดินตามหลัก *locomotor therapy* นั้น เป็นแนวทางใหม่ที่ได้ถูกค้นพบและพัฒนาขึ้นมาในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ปรากฏหลักฐานจากการวิจัยที่น่าเชื่อถือพอสมควร ว่ามีประสิทธิภาพในด้านการบำบัดฟื้นฟูสมรรถภาพที่สูงกว่าเทคนิคการฟื้นฟูตามแบบมาตรฐานทั่วไปในกลุ่มผู้ป่วยที่เหมาะสมต่อการฝึก⁽³⁾ บทความนี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้อ่านเข้าใจหลักการการฟื้นฟูสมรรถภาพที่ได้ผล ตลอดจนหลักฐานจากงานวิจัยที่ยืนยันประสิทธิภาพการบำบัดฟื้นฟู จนสามารถนำเทคนิคการบำบัดฟื้นฟูสมรรถภาพดังกล่าวนี้ไปปรับใช้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ และให้แพร่หลายในวงกว้างต่อไป

นิยาม

ในที่นี้กำหนดนิยามของ *locomotor therapy* โดยขยายความจากที่ Hesse ได้เคยใช้⁽³⁾ เพื่อให้รัดกุมเหมาะสมยิ่งขึ้น กล่าวคือให้หมายถึงการฟื้นฟูความสามารถด้านการเดิน และการทรงตัวตามหลักการกระตุ้นศูนย์กลางประสาทควบคุมการเดิน และหลักการฝึกทักษะการควบคุมการเคลื่อนไหว โดยใช้วิธีการให้ผู้ป่วยเดินบนพื้นราบ ลู่วิ่งไฟฟ้า หรือ เครื่องฝึกการเดินอื่น ๆ โดยมีจุดเน้นที่การจำลองการก้าวเดินให้เหมือนท่าเดินตามธรรมชาติ ทั้งนี้ อาจใช้การพุงน้ำหนักตัว (*body weight support*) และมีการพุงประคอง และกำกับการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยร่วมด้วยก็เป็นได้

วิวัฒนาการของการรักษา

ไม่นานหลังจากที่มีการตีพิมพ์ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นชัดเจนว่า แมวที่ไขสันหลังถูกตัดขาดจนทำให้มีอาการอัมพาตครึ่งล่าง

โดยสิ้นเชิงนั้น เมื่อได้รับการฝึกเดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า ก็สามารถก้าวขาเดินได้คล้ายกันกับการก้าวเดินของแมวปกติ⁽⁴⁾ Barbeau จึงได้ริเริ่มนำเสนอแนวความคิด และออกแบบเครื่องมือสำหรับให้ผู้ป่วยได้ฝึกฝนด้วยการก้าวเดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า โดยมีชุดพุงลำตัวเพื่อป้องกันการตกล้ม และลดการลงน้ำหนักขึ้นมาเป็นครั้งแรก⁽⁵⁾ ทำให้เริ่มมีผู้สนใจนำเทคนิคดังกล่าวนี้มาปรับใช้กับมนุษย์ ซึ่งต่อมาจึงได้มีผู้ทำการวิจัยแบบเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการรักษา (case series) กล่าวคือ ในปี ค.ศ. 1992 Wernig ได้ตีพิมพ์รายงานผลการรักษาผู้ป่วยอัมพาตครึ่งล่างชนิดเรื้อรัง⁽⁶⁾ และ ในปี ค.ศ. 1994 Hesse จึงได้รายงานผลการรักษาผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกชนิดเรื้อรัง⁽⁷⁾

ในเวลาต่อมาจึงได้มีงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับผลของการฝึกเดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า ได้รับการเผยแพร่ออกมาภายหลังอีกมากมาย กับทั้งมีการคิดค้นพัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติ เพื่อช่วยบรรเทาภาระงานของผู้ควบคุมช่วยเหลือผู้ป่วยระหว่างการฝึกขึ้นมา ซึ่งมักเรียกกันว่า *Robotic Gait Training Devices* ได้แก่ เครื่องฝึกเดิน GT1 ซึ่งถูกคิดค้นโดย Hesse ในปี ค.ศ. 1999⁽⁸⁾ และเครื่องฝึกเดิน Lokomat ซึ่ง Colombo และคณะได้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2000⁽⁹⁾ โดยสรุปแล้วจากกล่าวได้ว่า ได้มีการนำเทคนิคการรักษาดังกล่าว มาทดลองใช้กับผู้ป่วยเป็นเวลากว่าสิบปีแล้ว และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีแนวโน้มที่ในอนาคตอาจกลายเป็นการบำบัดหลักที่ขาดเสียไม่ได้ ในขบวนการฟื้นฟูการเดินของผู้ป่วยโรคต่าง ๆ

ประสาทสรีรวิทยาของการเดิน

อันที่จริงแล้ว การเดินสองขาอย่างมนุษย์นั้นเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อนต้องอาศัยการประสานงานของระบบควบคุมการเคลื่อนไหวเป็นอย่างดี จึงจะสามารถเคลื่อนศูนย์กลางมวลของร่างกายให้ย้ายไปมาด้วยความเร็วและทิศทางต่าง ๆ ตลอดจนให้หยุดได้ตามต้องการอย่างใจ โดยอาศัยการก้าวขาทั้งสองข้างสลับกัน คือรับพุงน้ำหนักตัวด้วยเท้าข้างหนึ่ง และก้าวเท้าอีกข้างหนึ่งไปด้านหน้าเปลี่ยนข้างไปมาอย่างต่อเนื่อง และไม่ให้เสียการทรงตัวเลย⁽¹⁰⁾

จากการทดลองกับแมวที่ไขสันหลังที่ถูกตัดขาดจากสมองและได้รับการกระตุ้นที่ไขสันหลัง หรือมีผู้พุงประคองให้เดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า พบว่าขาหลังทั้งสองข้างขยับเคลื่อนไหวสลับกันไปมาได้คล้ายท่าเดินปกติ⁽¹¹⁾ แม้กระนั้นก็ยังมีความแตกต่างจากการก้าวเดินของสัตว์ที่เป็นปกติอยู่อีกหลายประการกล่าวคือ

- ความสามารถก้าวขานั้นมีขึ้นได้ ต้องให้สัตว์นั้นได้รับการฝึกเดินบนลู่วิ่งเป็นประจำประมาณหนึ่งเดือน ก่อนหน้านั้นแม้มีการก้าวขาได้แต่ก็จะมีลักษณะที่ผิดปกติอยู่
- หากหยุดการฝึก ความสามารถก้าวขาที่ลดลงตามลำดับจนถึงจุดที่เดินไม่ได้ในที่สุด⁽¹²⁾
- แมวที่ได้รับการฝึกแล้วแม้จะก้าวขาได้คล่องดีเพียงไร ก็ยังไม่มีความสามารถที่จะรักษาทรงตัวได้เอง หากไม่มีการประคองแมว จะเดินเซส่ายไปมาแล้วล้มตะแคงตัวลงข้างใดข้างหนึ่งภายในเวลาไม่นาน⁽¹³⁾
- การทดลองตัดสัญญาณประสาทรับรู้สีกมีให้บ่อนกลับเข้าสู่ไขสันหลังมีผลเสียต่อการก้าวเดิน แม้จะไม่ถึงกับทำให้ก้าวขาไม่ได้เลย แต่ก็ส่งผลทำให้ไม่สามารถคงจังหวะการก้าวขาให้สม่ำเสมอต่อเนื่องไปได้นาน⁽¹⁰⁾

การทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ศูนย์กลางควบคุมการก้าวเดินในไขสันหลังนั้นเมื่ออยู่จริง และสามารถทำงานได้ดีขึ้นหากได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสม แต่มีความสามารถที่จำกัด และไม่อาจทำงานได้สมบูรณ์โดยลำพัง คือยังต้องอาศัยระบบประสาทส่วนกลางอื่น ๆ เช่น ก้านสมอง สมองใหญ่ และสมองน้อยมาช่วยควบคุมจึงจะทำให้เดินได้เหมือนปกติ⁽¹⁰⁾

ส่วนสาเหตุที่ทำให้หน้าเชื่อว่าศูนย์กลางการควบคุมการก้าวเดินนั้น มีอยู่ในมนุษย์เช่นเดียวกับสัตว์ที่มีไขสันหลังอื่น ๆ ก็เป็นเพราะว่า ลักษณะจากการวัดทางไฟฟ้ากล้ามเนื้อ การก้าวอย่างช้าของมนุษย์ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังจนมีอาการอัมพาตครึ่งล่างอย่างสมบูรณ์และการกระตุ้นรีเฟล็กซ์การเดินของเด็กแรกเกิด ที่ได้รับการประคองพยุงตัวให้เดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า นั้น ล้วนแล้วแต่มีลักษณะการประสานการทำงานของกล้ามเนื้อต่าง ๆ คล้ายกัน อย่างไรก็ตามพบว่าความสม่ำเสมอของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละรอบการก้าวเดินของมนุษย์นั้นไม่คงที่เหมือนกับที่พบเท่ากันกับของสัตว์ทดลอง และอาจต้องอาศัยการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการเดินมากกว่าสัตว์⁽¹⁰⁾

หลักการฟื้นฟูสภาพด้านการเดินตามหลักการกระตุ้นศูนย์กลางประสาทควบคุมการเดิน

ด้วยเหตุดังกล่าว Wernig จึงได้เสนอแนวทางการกระตุ้นศูนย์กลางการควบคุมการก้าวเดินให้ได้ผลดีเรียกว่า rules of spinal locomotion⁽¹⁴⁾ ดังรายการต่อไปนี้

- มีการลงน้ำหนักที่ขาทั้งสองข้างสลับกันไปมาเป็นจังหวะสม่ำเสมอ
- การลงน้ำหนักที่ขาแต่ละข้างต้องเริ่มในท่าสะโพกงอ และคงอยู่จนกระทั่งมีการเหยียดสะโพกในระยะ terminal stance แล้วจึงถ่ายน้ำหนักลงไปสู่ขาข้างตรงกันข้าม
- ควรมีการพยุვნ้ำหนักตัว โดยมีตัวรัดประคองที่รอบลำตัวด้วย เพราะมีข้อสังเกตว่า การกระตุ้นรีเฟล็กซ์การก้าวขาเดินในเด็กแรกเกิดนั้น มักไม่เกิดการตอบสนองหากไม่มีการสัมผัสจับประคองที่ลำตัว
- ควรมีการเคลื่อนไหวที่ช้า ๆ สม่ำเสมอ เชื่อว่าทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของศูนย์กลางการควบคุมการเดินได้ดีกว่า

จากการฝึกผู้ป่วยไขสันหลังบาดเจ็บเรื้อรังด้วยการเน้นเทคนิควิธีการฝึกดังกล่าว Wernig ได้เคยรายงานผลการรักษาที่ดีกว่ารายงานจากสถาบันอื่น ๆ⁽¹⁵⁾ และยังพบว่าบางครั้งอาจสามารถฝึกผู้ป่วยอัมพาตครึ่งล่างแบบสมบูรณ์ให้ก้าวเดินด้วยตนเองโดยใช้มือเกาะพวงเครื่องช่วยพยุงเดินสี่ขาชนิดล้อ (wheeled walker) เพื่อช่วยการทรงตัวได้ แม้จะไม่สามารถเดินได้ไกลและรวดเร็ว ปลอดภัยพอที่จะทดแทนการใช้รถนั่งคนพิการ (wheelchair) ก็ตาม

หลักการฟื้นฟูสภาพด้านการเดิน ตามหลักการเรียนรู้ทักษะในระบบควบคุมการเคลื่อนไหว

เนื่องจากการเดินได้เป็นปกติ นั้น เป็นทักษะทางการเคลื่อนไหวร่างกาย (motor skill) ที่ซับซ้อน การดำเนินการฝึกสอนผู้สูญเสียความสามารถเดินให้กลับมาเดินและทรงตัวได้ดีขึ้นย่อมถือได้ว่าเป็นการเรียนรู้ทักษะทางการเคลื่อนไหวชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับกับการที่คนปกติพยายามเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวใหม่ ๆ เพียงแต่ผู้ป่วยนั้นมีข้อจำกัดบางประการ อาทิเช่น มีการรับรู้ความรู้สึกสัมผัสที่ลดลงหรือมือการเกร็ง อากาศอ่อนแรง ที่ทำให้การฝึกฝนเป็นไปได้ยากกว่า ดังนั้น Shepherd และ Carr⁽¹⁶⁾ จึงได้แนะนำขั้นตอนการปฏิบัติต่าง ๆ เพื่อช่วยทำการฝึกเพื่อฟื้นฟูความสามารถเคลื่อนไหวร่างกายของผู้ป่วยระบบประสาทเพื่อให้เป็นไปตามหลักวิชา motor learning ที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปอยู่แล้วว่าจะต้องทำอย่างไร การเรียนรู้การเคลื่อนไหวจึงเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงในคนปกติหรือนักกีฬา โดยตั้งชื่อวิธีการนี้เรียกว่า motor relearning programme (MRP) เคยมีการวิจัยแบบสุ่มไปข้างหน้าเปรียบเทียบผลการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในระยะกึ่งเฉียบพลันที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีการฝึกแบบ MRP นี้ เทียบกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกตามแบบ Bobath พบว่ากลุ่ม MRP มีการฟื้นฟูด้านการเคลื่อนไหวร่างกายที่ดีกว่า และสามารถจำหน่ายออกจากโรงพยาบาลได้เร็วกว่า อย่างมีนัยสำคัญ⁽¹⁷⁾ ทำให้เชื่อได้ว่า MRP น่าจะเป็นวิธีการที่มีประโยชน์แก่ผู้ป่วยจริง

ขบวนการปฏิบัติการรักษาตามหลักที่ว่านี้มีอยู่ 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ปัญหา โดยเปรียบเทียบระหว่างการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยกับคนปกติ เพื่อระบุว่า มีทักษะหรือการเคลื่อนไหวส่วนใดที่บกพร่อง หรือขาดหายไป
2. ทำการฝึกผู้ป่วย โดยเน้นการฝึกทำกิจกรรมเฉพาะส่วนย่อยที่คนใช้ยังทำไม่ได้ดี ให้ทำซ้ำ ๆ แต่ทั้งนี้ต้องมีกรอบเป้าหมายของกิจกรรม โดยเฉพาะว่า การเคลื่อนไหวที่ต้องการเป็นอย่างไร ต่างจากการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติอย่างไร ที่สำคัญต้องให้ข้อมูลบ่อนกลับแก่ผู้ป่วยถึงผลการฝึกปฏิบัติในทุก ๆ รอบการเคลื่อนไหว ซึ่งอาจใช้วิธีพูดบอก และ/หรือ ใช้สัญญาณภาพอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ในกรณีที่ผู้ป่วยมีแรงแต่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวไม่พอเพียง ควรประคองพยุงผู้ป่วยด้วยเท้าที่จำเป็น เพื่อให้ผู้ป่วยไม่ต้องเคลื่อนไหวในรูปแบบที่ผิดธรรมชาติ เพราะจะทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวที่ต้องการอย่างถูกต้อง
3. หลังจากฝึกทักษะย่อยจนสามารถทำได้แล้ว ต่อไปจึงทำการฝึกทักษะการเคลื่อนไหวที่ต้องการฝึก การฝึกยังคงใช้หลักการเดียวกันกับการฝึกทักษะย่อยคือ มีการระบุเป้าหมายให้ชัดเจน และมีการพยายาม

ทำซ้ำโดยมีการป้อนกลับผลการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

4. เมื่อสามารถทำการเคลื่อนไหวได้ตามเป้าหมายที่ต้องการทำการฝึกได้แล้ว ก็ควรต้องให้ผู้ป่วยทดลองเคลื่อนไหวนั้น ในสภาพแวดล้อมที่ต่างออกไปหรือเหมือนสถานการณ์จริง

อนึ่ง ทักษะย่อยที่จำเป็นต้องฝึกฝน และพบว่าผู้ป่วยระบบประสาทมีความบกพร่องบ่อย ๆ มีดังต่อไปนี้

- ทักษะการเคลื่อนย้ายศูนย์กลางมวลร่างกาย ไปสู่ตำแหน่งเหนือหรือลงบนขาที่ยืนรับน้ำหนัก (physiologic weight shifting to the stance leg) พร้อมกับคงตำแหน่งเอาไว้ตลอดช่วงเหยียบรับน้ำหนักของขาข้างนั้น (maintain weight bearing and balance during single stance)
- ทักษะการรักษาข้อเข่าให้มั่นคงระหว่างการลงน้ำหนัก ทั้งในช่วง early stance eccentric knee control และ mid to terminal stance concentric knee control
- ทักษะการสร้างแรงส่ง (generation of propulsion force) ในช่วงสุดท้ายของ stance phase
- ทักษะการก้าวขาและวางเท้าลงให้แม่นยำ (stepping and accurate foot placing)

จะเห็นได้ว่าการฝึกทักษะย่อย ที่จำเป็นต่อการเดินให้ได้ปกติเหล่านี้ โดยการฝึกเดินบนพื้นราบ และใช้ราวพุงเกาะช่วยการทรงตัวนั้น เป็นสิ่งที่ทำได้ยากในกรณีของผู้ป่วยทรงตัวเองไม่ได้ ต้องการการช่วยพยุงตัวตลอดเวลาการเดิน แต่หากจัดให้ผู้ป่วยใส่ชุดพุงน้ำหนักตัว และเดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า หรือ เครื่องช่วยฝึกการเดินจะทำการฝึกได้ง่ายขึ้นอีกมาก เพราะผู้ป่วยและผู้ช่วยฝึกไม่ต้องพะวงกังวลกับการรักษาการทรงตัว ทำให้สามารถจดจ่อสมาธิอยู่ที่การเคลื่อนไหวเฉพาะส่วนที่ต้องการฝึกได้ง่ายกว่า กับทั้งการที่ผู้ป่วยมิได้เคลื่อนที่ไปจากที่เดิมจริง ๆ ก็ทำให้ผู้ช่วยฝึกสามารถจับประคองและควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ เช่น ข้อเข่า และเชิงกรานของผู้ป่วยได้ง่ายกว่า การที่ผู้ช่วยฝึกจะต้องเดินเข้า หรือคลานตามคอยพยุงจับขาของคนที่ใช้อย่างเช่นในเวลาฝึกเดินบนพื้นราบอย่างทั่วไป เมื่อเป็นเช่นนั้น ผู้ป่วยและผู้ช่วยฝึกจึงมีความเหน็ดเหนื่อยต่อการฝึกที่น้อยลง และสามารถทำการฝึกได้มากกว่าครั้งขึ้น นอกจากนั้น การฝึกทักษะที่มีความคล้ายคลึงกับการใช้งานกันจริง ทำให้ลดปัญหาด้าน transfer of skill ทั้งหมดนี้ถือได้ว่าสอดคล้องกับหลักการฝึกแบบ *high intensity & task specificity* อันเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในปัจจุบัน

สรุป

การฟื้นฟูการเดินด้วยการฝึกเดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า หรือ หุ่นยนต์ช่วยฝึกเดิน เป็นเทคนิคการบำบัดฟื้นฟูสมรรถภาพที่เอื้อให้ผู้บำบัดสามารถปฏิบัติงานสะดวกได้และสอดคล้องกับหลักทางประสาทสรีรวิทยา และหลักการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหว เมื่อเข้าใจหลักการปฏิบัติและแนวคิดเบื้องหลังการบำบัดแบบนี้แล้ว ควรพิจารณาหลักฐานที่แสดงผลการรักษาฟื้นฟูการเดินด้วยเทคนิคแบบ locomotor therapy ในกลุ่มผู้ป่วยโรคต่าง ๆ ว่าเป็นอย่างไรบ้าง ซึ่งจะได้นำเสนอในลำดับต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Reding MJ, Potes E. Rehabilitation outcome following initial unilateral hemispheric stroke. Life table analysis approach. Stroke 1988; 19(11): 1354-8.
2. Waters RL, Adkins R, Yakura J, Sie I. Donal Munro Lecture: Functional and neurologic recovery following acute SCI. J Spinal Cord Med 1998; 21(3): 195-9.
3. Hesse S. Lokomotionstherapie. Bad Honnef: Hippocampus Verlag; 2007.
4. Lovely RG, Gregor RJ, Roy RR, Edgerton VR. Effects of training on the recovery of full-weight-bearing stepping in the adult spinal cat. Exp Neurol 1986; 92(2): 421-35.
5. Barbeau H, Wainberg M, Finch L. Description and application of a system for locomotor rehabilitation. Med Biol Eng Comput 1987; 25(3): 341-4.
6. Wernig A, Müller S. Laufband locomotion with body weight support improved walking in persons with severe spinal cord injuries. Paraplegia 1992; 30(4): 229-38.
7. Hesse S, Bertelt C, Schaffrin A, Malezic M, Mauritz KH. Restoration of gait in nonambulatory hemiparetic patients by treadmill training with partial body-weight support. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75(10): 1087-93.
8. Hesse S, Uhlenbrock D, Sarkodie-Gyan T. Gait pattern of severely disabled hemiparetic subjects on a new controlled gait trainer as compared to assisted treadmill walking with partial body weight support. Clin Rehabil 1999; 13(5): 401-10.
9. Colombo G, Joerg M, Schreier R, Dietz V. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. J Rehabil Res Dev 2000; 37(6): 693-700.
10. Bronstein A, Brandt T, Woolacott MH. Clinical disorder of balance, posture and gait. London: Arnold; 1969.
11. Bélanger M, Drew T, Provencher J, Rossignol S. A comparison of treadmill locomotion in adult cats before and after spinal transection. J Neurophysiol 1996; 76(1): 471-91.
12. De Leon RD, Hodgson JA, Roy RR, Edgerton VR. Retention of hindlimb stepping ability in adult spinal cats after the cessation of step training. J Neurophysiol 1999; 81(1): 85-94.
13. Pratt CA, Fung J, Macpherson JM. Stance control in the chronic spinal cat. J Neurophysiol 1994; 71(5): 1981-5.
14. Wernig A, Müller S, Nanassy A, Cagol E. Laufband therapy based on 'rules of spinal locomotion' is effective in spinal cord injured persons. Eur J Neurosci 1995; 7(4): 823-9. Erratum in: Eur J Neurosci 1995; 7(6): 1429.
15. Wernig A. "Ineffectiveness" of automated locomotor training. Arch Phys Med Rehabil 2005; 86(12): 2385-6; author reply 2386-7.
16. Carr JH, Shepherd RB. A motor relearning programme for stroke. 2nd ed. Maryland: Butterworth-Heinemann; 1982.
17. Langhammer B, Stanghelle JK. Bobath or motor relearning programme? A comparison of two different approaches of physiotherapy in stroke rehabilitation: a randomized controlled study. Clin Rehabil 2000; 14(4): 361-9.