บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลของการใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึกต่อการฟื้นสภาพด้านการเคลื่อนไหวของแขนและมือและความพึงพอใจในการทำกิจวัตรประจำวัน: ศึกษานำร่องในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชาวไทย ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 โรคหลอดเลือดสมอง

2.2 การบำบัดฟื้นฟูโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึก (Robot-Assisted Therapy)

2.3 หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular Disease)

โรคหลอดเลือดสมองหรือภาวะเลือดออกในสมอง หรือที่นิยมเรียกกันว่า stroke ทางการแพทย์เดิมเรียกว่า cerebrovascular accident (CVA) แต่ปัจจุบันเห็นว่าชื่อดังกล่าวไม่เหมาะสม เพราะอาจก่อให้เกิดความเข้าใจผิดคิดว่าเป็นโรคทางด้านอุบัติเหตุ จึงได้ตกลงกันใช้ชื่อใหม่ว่า cerebrovascular disease (CVD) ซึ่งเป็นชื่อทางการ คนไทยนิยมเรียกโรคนี้ว่าโรคอัมพาต ซึ่งหมายถึง กลุ่มอาการทางระบบประสาทซึ่งเกิดจากความผิดปกติของหลอดเลือดสมองอย่างทันที มักทำให้เกิดอาการทางระบบประสาทแบบเฉพาะที่ โดยอาการนี้คงอยู่นานกว่า 24 ชั่วโมง และเป็นสาเหตุการตายของผู้ป่วยใน 24 ชั่วโมงแรกหากเป็นชั่วคราวแล้วหายภายใน 24 ชั่วโมง ก็ไม่ถือว่าเป็นโรคนี้ (22, 23)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1 ชนิดของโรคหลอดเลือดสมอง

โรคหลอดเลือดสมองแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ โรคหลอดเลือดสมองจากการขาดเลือด (ischemic stroke) และโรคหลอดเลือดสมองจากเลือดออกในสมอง (hemorrhagic stroke) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้ (8, 22-25)

1) Ischemic CVD เป็นโรคที่มีความผิดปกติทางระบบประสาทที่เกิดจากการขาดเลือดหรือมีเลือดไปเลี้ยงสมองน้อยลงจากการตีบแคบ (thrombosis) หรือการอุดตันของหลอดเลือด (emboli) พบประมาณร้อยละ 80-85 ของโรคหลอดเลือดสมองทั้งหมด สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1.1) Thrombotic stroke หรือภาวะหลอดเลือดสมองตีบ เป็นชนิดที่พบมากที่สุด ประมาณ 40 % ของกลุ่มสมองขาดเลือด ส่วนใหญ่ที่พบเกิดจากหลอดเลือดสมองที่มีภาวะ atherosclerosis ทำให้หลอดเลือดสมองค่อย ๆ ตีบตันอย่างช้า ๆ และผู้ป่วยส่วนใหญ่มักมีอาการเตือน เช่น transient ischemic attack (TIA) นำมาก่อน ส่วนใหญ่จะมีอาการเกิดขึ้นขณะที่ผู้ป่วยนอนหลับ ตื่นขึ้นมาจึงพบว่ามีอาการอ่อนแรงไปครึ่งซีก การตีบตัน มักเกิดขึ้นกับหลอดเลือดแดงขนาดใหญ่ เช่น หลอดเลือด internal carotid หรือ middle cerebral artery ทำให้บริเวณเนื้อเยื่อสมองที่ตายจากการขาดเลือดที่มีบริเวณค่อนข้างกว้าง

1.2) Embolic stroke หรือภาวะหลอดเลือดสมองอุดตันที่เกิดจาก emboli ซึ่งอาจเป็นลิ่มเลือด ไขมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ จากบริเวณอื่นลอยมาตามกระแสเลือด เข้าอุดตันหลอดเลือดในสมอง พบเป็นสาเหตุประมาณ 30% อาการจะเกิดขึ้นค่อนข้างรวดเร็วทันทีทันใด emboli เหล่านี้อาจมาจากหัวใจ ซึ่งพบได้ในผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง ชนิดนี้อาการจะเกิดขึ้นทันที และมักเกิดกับหลอดเลือดสมองที่มีขนาดเล็กกว่าโรคหลอดเลือดในสมองตีบ (thrombotic stroke)

1.3) Lacuna stroke หรือโรคหลอดเลือดสมองที่เกิดจากการอุดตันของหลอดเลือดขนาดเล็กที่อยู่ในตำแหน่งลึกของสมอง เช่น ในส่วนของ basal

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ganglia, internal capsule หรือก้านสมอง พบประมาณ 20% ทำให้สมองมีการขาดเลือดเป็นบริเวณขนาดเล็กไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร ผู้ป่วยจะมีการพยากรณ์โรคที่ดีมาก โดย 80**%** ของผู้ป่วยจะมีการฟื้นตัวได้ดี

2**)** Hemorrhagic CVD หรือโรคหลอดเลือดในสมองแตก หมายถึง การมีเลือดออกในเนื้อสมอง (intracerebral hemorrhage) หรือการมีเลือดออกในโพรงกะโหลกศีรษะ (sub-arachnoid hemorrhage) เนื่องจากมีการแตกของหลอดเลือดสมองหรือมีความผิดปกติของหลอดเลือดสมอง อาการและอาการแสดงทางคลินิกของผู้ป่วยกลุ่มนี้จะมักจะมีอาการสำคัญคือ ปวดศีรษะ อาเจียน การเปลี่ยนแปลงระดับความรู้สึกตัว หมดสติ มักพบในผู้ป่วยที่มีความดันโลหิตสูงมานาน เป็นโรคของหลอดเลือดสมองที่มีอัตราการตายสูงสุดถึงร้อยละ 50-70 ในบรรดาโรคหลอดเลือดสมองทั้งหมด โดยอาการจะเกิดขึ้นทันทีทันใดและจะส่งผลทำให้ความดันภายในกะโหลกศีรษะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นเหตุของการเสียชีวิตจากการเกิด brain herniation หรือถ้าผู้ป่วยไม่เสียชีวิตก็จะเกิดความพิการ และการฟื้นฟูสภาพจะดีกว่ากลุ่มสมองขาดเลือด

2.1.2 ความผิดปกติที่พบในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ความผิดปกติที่พบในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมักจะแสดงอาการปรากฏหลังภาวะโรคหลอดเลือดสมอง มีหลายประการ ดังต่อไปนี้ (8, 22)

1) Motor function สามารถพบได้หลายลักษณะ ดังนี้

1.1**)** Hemiplegia หรือ hemiparesis การอ่อนแรง ไม่มีแรง หรือเป็นอัมพาตครึ่งซีกของร่างกายด้านตรงข้ามกับพยาธิสภาพของสมอง เป็นอาการสำคัญของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งอาการของผู้ป่วยจะแตกต่างกัน โดยอาจมีอาการตั้งแต่เล็กน้อย ไปจนถึงการเป็นอัมพาตอย่างสมบูรณ์จนไม่สามารถเคลื่อนไหวแขนข้างที่มีอาการได้เลย

1.2) Alteration in muscle tone โดยระยะแรกความตึงตัวของกล้ามเนื้อจะลดลง (hypotonia) อย่างชั่วคราว เนื่องจากอยู่ในภาวะ shock และต่อมาความตึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวของกล้ามเนื้อจะเพิ่มสูงขึ้นและพัฒนาไปเป็น hypertonia: spasticity ทำให้มีอาการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น

1.3) Abnormal patterns of movement รูปแบบการเคลื่อนไหวผิดปกติ ผู้ป่วยที่เริ่มกลับมาเคลื่อนไหวได้ ส่วนใหญ่จะไม่สามารถควบคุมแขนขาให้เคลื่อนไหวแยกทีละข้อต่อ หรือไม่สามารถควบคุมให้ร่างกายเคลื่อนไหวเฉพาะส่วนที่ต้องการได้ การเคลื่อนไหวของผู้ป่วยจะทำได้แบบหยาบ ๆ เป็นแบบ mass movement หรือ synergistic pattern รูปแบบการเคลื่อนไหวจะเหมือนเดิมซ้ำ ๆ เช่น เมื่อผู้ป่วยต้องการยกแขนและไหล่ขึ้น จะต้องมีการกางไหล่ร่วมกับการงอข้อศอกเกิดขึ้นร่วมกันทุกครั้ง โดยผู้ป่วยไม่ได้ตั้งใจ ทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถเคลื่อนไหวแขนและมือข้างอัมพาต เพื่อเอื้อมออกไปหยิบจับสิ่งของตามต้องการได้

1.4) Abnormal reflex ประกอบด้วย

1.4.1) Deep tendon reflex มีการเปลี่ยนแปลงตามลำดับการฟื้นตัว โดยเริ่มจาก hyporeflexia หรือ areflexia ในช่วงแรก ต่อมาจะมี hyperreflexxia ร่วมกับ clonus และอาจพบ Babinski's sign positive ร่วมด้วย

1.4.2) Primitive or tonic reflex pattern อาจปรากฏและมีอิทธิพลต่อลักษณะและการเคลื่อนไหวของแขนขา

1.4.3) Associated reaction เป็น abnormal automatic response ของแขนขาจากการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกาย โดยทั่วไปมักเกิดในทิศทางเดียวกันกับส่วนของแขน แต่เกิดในทิศตรงกันข้ามในส่วนของขา

1.4.3) Incoordination เป็นภาวะที่เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น พยาธิสภาพที่ cerebellum หรือ basal ganglia ความบกพร่องหรือสูญเสีย proprioceptive sense หรือจากการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) Sensation การเปลี่ยนแปลงด้านความรู้สึกในผู้ป่วย มักไม่สูญเสียความรู้สึกทั้งหมด โดยจะสัมพันธ์กับบริเวณที่เกิดพยาธิสภาพ โดยความบกพร่องที่เกิดขึ้นได้แก่ ความบกพร่องในการรับรู้ตำแหน่งและลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (proprioception) การรับความรู้สึกสัมผัส ความเจ็บปวด และอุณหภูมิซึ่งพบได้ค่อนข้างมาก

3) Oral-Facial dysfunction ความบกพร่องทางด้านการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อบริเวณปากและใบหน้า ส่งผลทำให้เกิดความผิดปกติของการกลืน (dysphagia) ที่เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยภายหลังเกิด CVD และอาการปาก ใบหน้าเบี้ยว (facial asymmetry) ที่เกิดจากการอ่อนแรงและความตึงตัวที่ลดลงของกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้าและปาก (orofacial muscles) มักพบภาวะน้ำลายไหลและอาการพูดไม่ชัด (dysarthria) ร่วมด้วย

4) Function ability ผู้ป่วยมักมีปัญหาในการทำกิจวัตรประจำวันต่าง ๆ เช่น การพลิกตะแคงตัว การลุกขึ้นนั่ง การเคลื่อนย้ายตัวเอง การรับประทานอาหาร เป็นต้น

5) Speech and language disorder ผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของ *parieto-occipital cortex* ของสมองซีกซ้าย อาจมีปัญหาด้าน speech and language disorder ได้แก่ aphasia และ dysarthria

6) Perceptual deficit ผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของ parietal lope ของสมองซีกขวา ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ perception ได้แก่ Visuospatial impairment ผู้ป่วยไม่สามารถกะระยะทาง ขนาด และตำแหน่งความเร็วในการเคลื่อนไหวได้ และ Impairment body & body image จะทำให้เกิดการบกพร่องของการรับรู้เกี่ยวกับส่วนของร่างกายและความสัมพันธ์ของส่วนของร่างกาย

7) Cognitive and behavioral changes ผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของสมองซีกซ้าย มักมีพฤติกรรมในทาง negative เช่น มีความวิตกกังวล ซึมเศร้า ไม่มั่นใจในการเคลื่อนไหว ส่วนผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพในสมองซีกขวา จะมีปัญหาในการรวบรวมความคิด หรือการกระทำทั้งหมด โดยปัญหา cognitive impairment ที่สำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้แก่ การรับรู้ สถานที่ เวลา และบุคคล (orientation) ความสนใจ (attention) ความจำ (memory) และการเรียนรู้ (learning)

8) Respiratory function ในระยะแรก ภาวะ hypotonia จะทำให้การขยายตัวของทรวงอกลดลง และ reflex ในการไอก็ถูกกดด้วย ซึ่งหากมีภาวะที่นอนนาน การรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม และมีปัญหาด้านการกลืน ยิ่งส่งเสริมให้มีปัญหาแทรกซ้อนทางปอด

9) Bowel and bladder function โดยในระยะแรก ผู้ป่วยอาจมีอาการ incontinence โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่ unconscious แต่เมื่อเริ่มมีการเคลื่อนไหวจะสามารถลดปัญหาดังกล่าว

10) Secondary impairment ซึ่งได้แก่ ลดช่วงการเคลื่อนไหว มีการหดรั้ง (contracture) และอาการผิดรูป (deformity) ปวดไหล่ (shoulder pain) และปัญหาทางจิตวิทยา (psychological problems)

2.1.3 การฟื้นสภาพของผู้ป่วยหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมอง

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (**8**)

1) การฟื้นสภาพด้านระบบประสาท (Neurological recovery) คือ การฟื้นกลับคืนมาของการทำงานในระบบประสาท จากการปรับตัวหรือเปลี่ยนแปลงการทำงาน การเชื่อมต่อของเซลล์ประสาทสมองที่เหลืออยู่ ทำให้ผู้ป่วยสามารถกลับมาเคลื่อนไหวแขนและขาหรือมีอาการทางระบบประสาทอื่น ๆ ดีขึ้น การฟื้นสภาพของระบบประสาทมักเกิดขึ้นในระยะแรก ๆ หลังมีอาการของโรคหลอดเลือดสมอง

2) การฟื้นสภาพด้านความสามารถ (Functional recovery) คือ ความสามารถในการกลับมาทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อีกครั้งหนึ่ง แม้ว่าจะมีความผิดปกติทางระบบประสาทหลงเหลืออยู่ ส่วนใหญ่การฟื้นสภาพด้านความสามารถจะเพิ่มขึ้นตามกาลเวลาที่ผ่านมา โดยเฉพาะการทำกิจวัตรประจำวันต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.4 ระยะของการฟื้นสภาพของกล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหว

Brunnstrom ได้แบ่งระยะของการฟื้นสภาพของการควบคุมการเคลื่อนไหว (motor recovery) หลังจากผู้ป่วยเป็นอัมพาตออกเป็น 6 ระดับดังนี้ คือ (8)

1) Flaccidity: ระยะนี้ไม่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นไปด้วยความตั้งใจ (voluntary movement) และไม่มี stretch reflexes

2) Spasticity developing: กล้ามเนื้อเริ่มมีการเกร็ง โดยการเกร็งงอมักมาก่อนการเกร็งเหยียด ลักษณะของ synergies ของกล้ามเนื้อจะเห็นเมื่อมีการเคลื่อนไหวจากปฏิกิริยาอัตโนมัติต่าง ๆ (reflexes)

3) Voluntary movement with synergy: เริ่มมีการเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้ด้วยความตั้งใจ ในลักษณะของ synergy มีการเกร็งเพิ่มขึ้น และเห็นได้ชัดเจน

4) Decrease synergy movement: โดยเฉพาะในการเคลื่อนไหว การไขว่แขนไปข้างหลัง การยกแขนไปข้างหน้าระดับไหล่ การคว่ำมือและหงายมือ ขณะข้อศอกงอ **90** องศา และระยะนี้การเกร็งกล้ามเนื้อเริ่มลดลง

5) Disappearance of basic synergy: สามารถเคลื่อนไหวกางแขนไปยังระดับหัวไหล่ได้ ยกแขนไปข้างหน้าเหนือศีรษะได้ คว่ำมือและหงายมือได้ในขณะที่ข้อศอกเหยียดตรง ระยะนี้การเกร็งกล้ามเนื้อหายไปจนเกือบหมด

6) Voluntary moventment: เคลื่อนไหวส่วนของอวัยวะและข้อต่อต่าง ๆ ได้อย่างอิสระใกล้เคียงปกติ โดยการเกร็งของกล้ามเนื้อมีน้อยมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การฟื้นสภาพทางด้านการควบคุมการเคลื่อนไหวมักเริ่มจากกล้ามเนื้อส่วนต้นไปสู่ส่วนปลาย เช่น กล้ามเนื้อหัวไหล่จะฟื้นกลับคืนมาก่อนกล้ามเนื้อปลายแขนและมือ จากการเคลื่อนไหวแบบ synergistic pattern ไปสู่การเคลื่อนไหวที่สามารถเลือกเคลื่อนไหวแต่ละข้อต่อที่สัมพันธ์กันได้ (selective, coordinated movement) อย่างไรก็ตามการฟื้นสภาพของผู้ป่วยอาจหยุดเพียงระยะใดระยะหนึ่งก็ได้ เช่น หยุดที่ระยะ flaccid หรือ spastic เท่านั้น

2.2 การบำบัดรักษาฟื้นฟูโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึก (Robot-Assisted Therapy)

หุ่นยนต์ (robot) เป็นเครื่องจักรกลที่สามารถปรับ/ทำงานภายใต้สิ่งแวดล้อมนั้น ๆ สามารถทำงานเช่นเดียวกับความสามารถของมนุษย์หรือทดแทนความสามารถของมนุษย์ในบางกิจกรรม ประกอบด้วยโครงสร้างทางด้านกลไกที่มีหนึ่งหรือหลาย ๆ จำนวนแนวแกนของการเคลื่อนไหว (degree of freedom: DOF) นั่นคือ ความสามารถในการเคลื่อนไหวตามแนวแกนภายในข้อต่อนั้น ๆ นอกจากนี้ยังทำงานร่วมกับตัวจับข้อมูล (sensors) ที่สามารถรับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ และก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว การทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (18) หุ่นยนต์ที่นำมาใช้ในการฟื้นฟูแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ manipulanda และ orthoses โดยที่ manipulanda เป็นหุ่นยนต์ที่ดัดแปลงมาจากหุ่นยนต์ทางด้านอุตสาหกรรมที่มีจำนวนข้อต่อตามแนวแกน (DOF) จำนวนมากหรือน้อยก็ได้ แต่มีเพียงหนึ่งจุดเท่านั้นที่มีการสัมผัสระหว่างส่วนปลายสุดของแขนและมือและส่วนปลายของหุ่นยนต์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อย ๆ คือ 1) traditional manipulanda เช่น MIT Manus, Bi-Manu Track ฯลฯ และ2) cable manipulanda เป็นลักษณะของหุ่นยนต์ที่มีการใช้ลูกรอก เชือก ตัวอย่างหุ่นยนต์เช่น NEREBOT, MARIBOT, Kinehaptique, Gentle/s ฯลฯ ปัจจุบันหุ่นยนต์ประเภท orthoses มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีลักษณะการสัมผัสและการเชื่อมต่อติดต่อกับหลาย ๆ ข้อต่อของแขนและมือ และสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อในแต่ละส่วนที่แตกต่างกันออกไปได้ ส่งผลต่อสหสัมพันธ์รูปแบบของการเคลื่อนไหว (coordination) และท่าทางการเคลื่อนไหวที่มีความเฉพาะเจาะจงสำหรับผู้ป่วยในแต่ละคน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อย ๆ คือ 1) anthropomorphic ที่สัมผัสหรือเชื่อมต่อในลักษณะเกือบทั้งหมดของอวัยวะ ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์ exoskeleton (ARMin, RUPERT, Armeo ฯลฯ) และ 2) discontinuous contract ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่ไม่มีการสัมผัสหรือเชื่อมต่อกับแขนหรือขาทั้งหมด ตัวอย่างเช่น ARMguide, Dual Robotic System from leeds ฯลฯ (18)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้หุ่นยนต์ช่วยฝึกสำหรับแขนและมือยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบ end-effector และระบบ exoskeleton โดยระบบ end-effector จะเป็นเครื่องมือที่ให้แรงต้าน (resistive) หรือแรงช่วย (assistive) ที่จะทำให้ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวได้ในลักษณะ active และ passive ซึ่งแรงทั้งหมดและการวัดทั้งหมดจะอยู่ ณ ที่จุดเชื่อมต่อเพียงจุดเดียว ทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและสามารถปรับให้สัมพันธ์กับขนาดร่างกายของผู้ป่วยแต่ละคน ตัวอย่างเช่น MIT/IMT-Manus, MIME, GENTLE/s เป็นต้น ในส่วนของระบบ exoskeleton นั้น ส่วนของร่างกายจะถูกคลุมไปด้วยลักษณะการทำงานที่เฉพาะเจาะจงของหุ่นยนต์ที่สอดคล้องกับโครงสร้างภายนอกของร่างกาย และมีแนวแกนของข้อต่อใน

ทิศทางที่สัมพันธ์กับอวัยวะ โดยที่แรงสามารถนำมาใช้และสามารถวัดได้อย่างเป็นอิสระต่อกันในแต่ละข้อต่อนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ARMin, Pneu-WREX, RUPERT, REHAROB เป็นต้น (11, 19, 26) นอกจากนี้หลักการควบคุมของหุ่นยนต์จะถูกแบ่งออกเป็น 3 วิธีการ คือ passive, active assisted และ active constrained โดย passive เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ หุ่นยนต์จะเป็นตัวช่วยให้แขนเกิดการเคลื่อนไหวขึ้น มีประโยชน์ในเรื่องของการป้องกันภาวะหดรั้งของกล้ามเนื้อ และมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้เกิดการฟื้นคืนสภาพด้านการเคลื่อนไหว active assisted เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่สามารถเคลื่อนไหวได้เล็กน้อย ซึ่งหุ่นยนต์จะช่วยเหลือการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยเพียงบางส่วน มีประโยชน์ในเรื่องของการช่วยให้ผู้ป่วยสามารถเริ่มต้นกระทำการเคลื่อนไหว และ active constrained เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่สามารถเคลื่อนไหวได้ด้วยตนเอง โดยมีลักษณะเฉพาะหรือเป้าหมายที่เจาะจงในกลุ่มของกล้ามเนื้อและรูปแบบสหสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย เป็นต้น (18)

ข้อได้เปรียบของการใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึก

วิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีในการฟื้นฟูสมรรถภาพเกิดขึ้นตั้งแต่ทศวรรษที่ผ่านมา โดยลักษณะที่สำคัญของการใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึกคือ มีคุณสมบัติทางด้านการวัดที่มีความน่าเชื่อถือในระดับสูง สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว ก่อให้เกิดการเรียนรู้ มีลักษณะของการควบคุมเวลาของการฝึกในแต่ละครั้งได้เป็นอย่างดี และแสดงถึงระดับความเข้มข้นของการฝึกในแต่ละครั้งในระดับที่เหมาะสม อีกทั้งการใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึกมีการสะท้อนกลับ (feedback) จากเกมที่มีลักษณะเสมือนผู้ป่วยเข้าไปมีส่วนร่วมในสถานการณ์นั้นจริง ๆ (virtual reality practice) (15, 19) นอกจากนี้หุ่นยนต์ช่วยฝึกเป็นรูปแบบการฝึกที่มีจำนวนครั้งในการเคลื่อนไหวที่มาก (high intensity) เน้นการทำกิจกรรมที่มีเป้าหมายเฉพาะเจาะจง (task specificity/task oriented) และผู้ป่วยเข้าไปมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมเกิดความสนใจ ตั้งใจ จดจ่ออยู่กับการทำกิจกรรมได้ด้วยตนเองอย่างเต็มที่ (13, 16, 27)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจุบันได้มีการนำเอาหุ่นยนต์ช่วยฝึกมาใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางด้านการแพทย์ที่มีความเฉพาะเจาะจง อย่างหลากหลายชนิดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์ช่วยฝึกที่ใช้ในส่วนของแขนและมือ เช่น Massachusetts Institute of Technology (MIT)-Manus, Assisted Rehabilitation and Measurement (ARM) Guide, Mirror Image Motion Enabler (MIME), Bi-Manu-Track, GENTLE/S, Neurorehabilitation Robot (NeReBot) , REHAROB, Arm Coordination Training 3-D, ARMin, Armeo, Myomo, Reo Therapy, Amadeo Robotic Hand Rehabilitation System ฯลฯ และตัวอย่างหุ่นยนต์ช่วยฝึกที่ใช้ในส่วนของขา เช่น Electromechanical gait trainer และ Lokomat เป็นต้น (16)

2.3 หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo

หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo เป็นหุ่นยนต์ช่วยฝึกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้กับผู้ป่วยทางระบบประสาท เช่น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ผู้ป่วยที่ได้รับความกระทบกระเทือนทางสมอง หรือผู้ป่วยทางระบบประสาท อื่น ๆ ที่ส่งผลทำให้เกิดความบกพร่องของการทำหน้าที่ของแขนและมือต่อการทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน โดยแนวคิดของ Armeo มีพื้นฐานความเชื่อมาจากระบบประสาทส่วนกลางสามารถเกิดความยืดหยุ่น (neural plasticity) โดยเชื่อว่า สมองสามารถจัดระบบระเบียบขึ้นมาใหม่ได้ สามารถเกิดการทดแทนและชดเชยในส่วนที่ขาดหายหรือสูญเสียไป และส่งผลก่อให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ขึ้น (28) หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo มีหลักการที่มีความเฉพาะเจาะจงสำหรับผู้ป่วยแต่ละคนในการเคลื่อนไหวของแขนผ่านการทำกิจกรรมเล่นเกมคอมพิวเตอร์ในลักษณะช่วยต้านแรงโน้มถ่วงของโลก ประกอบกับมีตัวรับสัญญาณการบีบ การกำของมือขณะทำกิจกรรม ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบเกมคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบมา เพื่อฝึกฝนในลักษณะการเคลื่อนไหวรูปแบบสามมิติแตกต่างกันออกไป พร้อมทั้งผู้ป่วยจะได้รับปฏิกิริยาสะท้อนกลับ (feedback) ทางด้านการมองเห็น การได้ยิน และความสามารถของตนเองขณะทำกิจกรรม แนวแกนของแต่ละข้อต่อในการเคลื่อนไหวจะมีความสามารถในการจำกัดหรือป้องกันการเกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การเคลื่อนไหวแบบ synergistic movement และเมื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของการประคับประคองบริเวณแขนที่มีการอ่อนแรงในลักษณะต้านแรงโน้มถ่วงของโลก พบว่ากล้ามเนื้อเกิดการหดตัวร่วมกัน (co-contraction) ลดลง และมีการเคลื่อนไหวลักษณะราบเรียบมากขึ้น (29, 30) นอกจากนี้หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo เป็นเครื่องมือที่สามารถส่งเสริมให้เกิดการเริ่มต้นการเคลื่อนไหวด้วยตนเอง (self-initiated) สามารถกำหนดทิศทางการเคลื่อนไหวด้วยตัวของผู้ป่วยเอง (self-directed) รวมทั้งสามารถเคลื่อนไหวอย่างมีเป้าหมายเฉพาะเจาะจง ผู้ป่วยสามารถทำการฝึกการเคลื่อนไหวได้อย่างซ้ำ ๆ และต่อเนื่อง อีกทั้งยังมีข้อมูลย้อนกลับจากหน้าจอภาพคอมพิวเตอร์ที่จะช่วยเพิ่มในเรื่องของแรงจูงใจในการเคลื่อนไหวอย่างมีจุดมุ่งหมาย และมีความสนใจ จดจ่ออยู่กับการทำกิจกรรม ส่งผลทำให้เกิดผลลัพธ์ของการบำบัดรักษาที่ดีขึ้น รวมถึง การฟื้นฟูบำบัดรักษาในระยะยาว ผู้บำบัดสามารถบันทึกข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วย และผลการประเมินทำให้สามารถติดตามความเปลี่ยนแปลงหรือความก้าวหน้าของผู้ป่วยได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ Armeo สามารถใช้ได้กับผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงระดับน้อย (mild) ปานกลาง (moderate) และรุนแรง (severe) ทั้งแบบเฉียบพลัน (acute) และแบบเรื้อรัง (chronic) เป็นต้น (28) Armeo เป็นหุ่นยนต์ช่วยฝึกที่มีประสิทธิภาพทางด้านการฟื้นฟู โดยเริ่มตั้งแต่หลังจากได้รับบาดเจ็บทันทีจนถึงการฟื้นคืนสภาพให้กลับสู่ปกติในระยะยาว แสดงถึงการบำบัดฟื้นฟูที่มีกระบวนการอย่างต่อเนื่องที่ต้องการให้ผู้ป่วยเกิดการเปลี่ยนแปลงของการฟื้นคืนสภาพให้ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าเดิม หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo มี 3 ประเภท คือ Armeo®Power, Arme®Spring และ Armeo®Boom ซึ่งแต่ละชนิดถูกออกแบบให้มีความเฉพาะเจาะจงกับระยะของการฟื้นตัวของผู้ป่วยแต่ละคนโดยที่ Armeo®Power เป็นหุ่นยนต์ช่วยฝึกที่ออกแบบสำหรับผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวระดับรุนแรงมากที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อแขนของตนเองได้อย่างตั้งใจ Arme®Spring เป็นหุ่นยนต์ช่วยฝึกที่เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่สามารถเริ่มต้นการเคลื่อนไหวได้ และ Armeo®Boom เป็นหุ่นยนต์ช่วยฝึกที่ออกแบบสำหรับผู้ป่วยที่กลับไปอาศัยอยู่ที่บ้านและชุมชน โดยมีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวระดับน้อยถึงปานกลางและสามารถฝึกได้ด้วยตนเอง สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo®Spring มาทำการศึกษา เพื่อแสดงถึงผลทางด้านการเคลื่อนไหวของแขนและมือและการทำกิจวัตรประจำวันในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ดังนั้นจึงขออธิบายเฉพาะ Armeo®Spring (30)

Armeo®Spring เป็นหุ่นยนต์ช่วยฝึกที่มีชื่อทางการค้าเช่นเดียวกับ T-WREX ถูกพัฒนาขึ้นจากมหาวิทยาลัย University of California, Irvine (UCI) โดยศาสตราจารย์ David Reinkensmeyer ร่วมมือกับ Tariq Rahman, Vu Le, Robert Sanchez และ Sarah Housman (20, 28) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการฟื้นคืนของการเคลื่อนไหวของแขนและมือที่มีความบกพร่องจากพยาธิสภาพของระบบประสาท ลักษณะการเคลื่อนไหวตามแนวแกนของแต่ละข้อต่อของ Armeo®Spring มี 5 แนวแกน (5 degree of freedom) และถือเป็นหุ่นยนต์ชนิด exoskeleton และสามารถประคับประคองน้ำหนักของแขนต้านแรงโน้มถ่วงของโลกในลักษณะมุมมอง 3D การปรับเปลี่ยนการเคลื่อนไหวของแขนสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกลไกการทำงานของลวดสปริง (spring mechanism) ที่จะช่วยให้แขนและมืออยู่ในตำแหน่งต้านแรงโน้มถ่วงของโลกได้อย่างปกติ และมีอุปกรณ์ตัวรับสัญญาณที่ไวต่อการกำ (grip sensor) บรรจุด้วยน้ำอยู่ภายในรูปทรงกระบอก ซึ่งสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือร่วมกับการทำงานของการกำและการปล่อยของการฝึกในแต่ละครั้ง ทุกตำแหน่งในข้อต่อจะมีตัวรับสัญญาณ (sensor) ที่ป้อนข้อมูลเข้าไปสู่เกมคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า “Vu Therapy” ถูกออกแบบโดย University of California, Irvine (UCI) และเกมที่ได้ออกแบบมานั้นสามารถนำมาใช้ได้กับผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางด้านการรู้การคิดและการรับความรู้สึกในระดับเล็กน้อย รูปแบบของเกมมีการใช้ภาพเสมือนจริงที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม (virtual reality) มาทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของแขน หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo®Spring สามารถทำงานร่วมกับตัวป้อนข้อมูลในการเพิ่มพูนทักษะหน้าที่ความสามารถของการทำกิจกรรมที่มีความหมาย เช่น กิจกรรมทำความสะอาดเตาทำอาหาร กิจกรรมการซื้อสิ้นค้าที่ร้านขายของชำ และกิจกรรมการเล่นบาสเกตบอล โดยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ในรูปภาพเสมือนจริงที่อยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในเกมคอมพิวเตอร์ ร่วมกับผู้ป่วยจะได้รับการสะท้อนกลับของการได้ยินและการมองเห็นตลอดช่วงของการฝึกที่จะทำให้ผู้ป่วยจดจ่อหรือให้ความสนใจในการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งผู้ป่วยจะได้รับการสะท้อนกลับในด้านความสามารถของตนเองเมื่อแต่ละเกมนั้นสิ้นสุดลง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงจูงใจและตระหนักรู้ถึงความก้าวหน้าในการทำกิจกรรมของตนเอง (20, 28, 31) จากการศึกษาของ Rudhe และคณะได้ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการวัดของ Armeo®Spring โดยนำมาศึกษากับผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บของไขสันหลัง (spinal cord injury) พบว่า หุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo®Spring มีค่าความเที่ยงในระดับปานกลางถึงดีในทางคลินิก มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) ของความเที่ยงภายในผู้ประเมินอยู่ระหว่าง 0.75-0.84 ค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินอยู่ระหว่าง 0.66-0.86 และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบวัดซ้ำที่แสดงถึงความเที่ยงในระดับสูง (0.86) เป็นต้น (32)

ภาพที่ 2.1 แสดงหุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo®Spring

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2009 Housman และคณะ (20) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการบำบัดรักษาโดยการใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึกที่มีชื่อว่า T-WREX (Armeo®Spring) และวิธีการบำบัดรักษาแบบดั้งเดิมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดเรื้อรังจำนวน 28 คนที่มีความบกพร่องของการเคลื่อนไหวระดับปานกลางถึงรุนแรง โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้ T-WREX (Armeo®Spring) 3 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลา 8-9 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยวิธีดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองมีผลลัพธ์ด้านความสามารถในด้านการเคลื่อนไหวโดยใช้แบบประเมิน Fugl-Meyer ดีกว่ากว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจ ชื่นชอบและมีแรงจูงใจในการฝึกโดยใช้หุ่นยนต์ T-WREX (Armeo®Spring) มากกว่าวิธีการบำบัดรักษาแบบดั้งเดิม ซึ่งอธิบายได้ถึงคุณค่าและคุณประโยชน์ที่มากของการใช้หุ่นยนต์ T-WREX (Armeo®Spring) นอกจากนี้การใช้หุ่นยนต์ T-WREX (Armeo®Spring) จะก่อให้เกิดความเบื่อหน่ายในการฝึกน้อยกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม

ในปี ค.ศ. 2011 Peter และคณะ (19) ทำการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเรื่องการใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึกในการฟื้นฟูสมรรถภาพของแขนและมือผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ผลการทบทวนวรรณกรรมพบงานวิจัยที่ได้รับการคัดเลือกจำนวน 30 ฉบับในจำนวนผู้ป่วย 493 คน ผลการศึกษาพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการฝึกโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึก เช่น MIT-MANUS, InMotion2, MIME, Arm trainer, ARM-Guide, Reharob, NeReBot, BFIAMT, GENTLE/ s, ReoGo, Braccio di Ferro, MEMOS, AJB และ L-EXOS ช่วยส่งเสริมความสามารถทางด้านการเคลื่อนไหวของแขนและมือให้กับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยการวัดระดับคะแนนทางด้าน motor ในแบบประเมิน Fugl-Meyer อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปี ค.ศ. 2011 Gijbels และคณะ (31) ทำการศึกษาประสิทธิผลของหุ่นยนต์ช่วยฝึก Armeo®Spring ในผู้ป่วย multiple sclerosis (MS) จำนวนผู้ป่วย 10 คนต่อการส่งเสริมความสามารถของแขนและมือที่มีภาวะอ่อนแรง โดยทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์เป็นเวลา 8-9 สัปดาห์ติดต่อกัน แต่ละครั้งใช้เวลาในการฝึก 30 นาที โดยใช้เครื่องมือที่นำมาวัดผล คือ แบบประเมิน Motricity Index (MI) และ Jamar-held dynamometer สำหรับประสิทธิผลของ upper limb ประเมินโดย TEMPA, ARAT และ 9HPT ทำการประเมินก่อนการทดลอง หลังการทดลองและติดตามผลหลังจาก 2 เดือน ผลการศึกษาพบว่าศักยภาพและความสามารถของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ซึ่งมีระดับคะแนนที่เพิ่มขึ้นของ TEMPA และ 9HPT อีกทั้งช่วงของการติดตามผลหลังจาก 2 เดือน พบว่า ระดับคะแนนของ TEMPA และ ARAT มีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าในช่วง baseline อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Armeo Spring มีประสิทธิผลต่อการส่งเสริมความสามารถหน้าที่ของแขนและมือ upper limb ในผู้ป่วย MS

ในปี ค.ศ. 2011 Abdullah และคณะ (37) ทำการศึกษาการใช้หุ่นยนต์ในการบำบัดรักษาฟื้นฟูสมรรถภาพทางด้านร่างกายเพื่อเพิ่มความสามารถด้านการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่อยู่ในโรงพยาบาล งานวิจัยนี้ถูกออกแบบในลักษณะ randomized controlled trial ข้อมูลถูกเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิผลของการใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึกกับวิธีการบำบัดรักษาแบบดั้งเดิม (conventional therapy) มีผู้เข้าร่วมจำนวน 20 คน และเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดผล คือ Chedoke Arm and Hand Activity Inventory (CAHAI-7) และ Chedoke McMaster Stroke Assessment of the Arm and Hand (CMSA) ทั้งก่อนการเข้าร่วมและหลังจากออกโรงพยาบาล ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการบำบัดรักษาโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยฝึก มีประสิทธิผลมากกว่าในรูปแบบวิธีการดั้งเดิมของแขนและมือโดยใช้การวัดของ CMSA Arm และ Hand

ในปี ค.ศ. 2012 Colomer และคณะ (21) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของ Armeo®Spring ต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพแขนและมือของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะเรื้อรัง (chronic phase) จำนวน 23 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับคะแนนความสามารถ (function scales) ที่ดีขึ้นจากการวัดผลลัพธ์โดยใช้แบบประเมิน Motricity Index, Fugl-Meyer อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มตัวอย่างมีระดับคะแนนการทำกิจกรรม (activity scales) โดยใช้แบบประเมิน Motor Assessment Scale, Manual Function Test, Wolf Motor Function-Ability, Wolf Motor Function-Time ที่ดีขึ้นเช่นเดียวกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved