



การศึกษาประสิทธิผลของการฟื้นฟูรูปร่างส่วนบนด้วยหุ่นยนต์: ชนิดมีโครงพวงแขน  
(Robotic Assisted Therapy: Exoskeleton Devices)  
ในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ: การทบทวนอย่างเป็นระบบ  
Effects of robotic assisted therapy with exoskeleton device for upper extremities  
rehabilitation in cervical spinal cord injury patients

กฤตติกานต์ พลงาม\*  
พิชญ์พิมล สุวรรณภูมิ\*  
บุญทริก เอกคุณธรรม\*

**บทคัดย่อ**

**วัตถุประสงค์ :** เพื่อศึกษาประสิทธิผลและแนวทางของการฟื้นฟูรูปร่างส่วนบนด้วยหุ่นยนต์ชนิดมีโครงพวงแขนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

**วิธีดำเนินการวิจัย :** ศึกษาด้วยวิธีการทบทวนอย่างเป็นระบบ โดยสืบค้นงานวิจัยประเภท Randomized controlled trial ที่ตีพิมพ์เป็นภาษาอังกฤษ จากฐานข้อมูล MEDLINE ผ่าน PubMed, Scopus และ CENTRAL ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012-2021 และประเมินความเสี่ยงของอคติโดยใช้ The Cochrane Collaboration

**ผลการศึกษา :** จากการสืบค้นข้อมูลพบการศึกษาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย จำนวน 2 เรื่อง ผลการศึกษาพบว่า การฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ร่วมกับวิธีทางกิจกรรมบำบัด สามารถเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อส่วนบน และความสามารถในการดูแลตนเองของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ แต่ทั้งนี้การศึกษาทั้ง 2 ยังมีความแตกต่างกันในด้านความถี่และระยะเวลาในการฟื้นฟู จึงทำให้ยังไม่สามารถสรุปแนวทางที่ชัดเจนของการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการฟื้นฟูรูปร่างส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอได้

**สรุปและข้อเสนอแนะ :** จากการทบทวนอย่างเป็นระบบครั้งนี้พบว่า การฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ร่วมกับวิธีทางกิจกรรมบำบัด มีประสิทธิผลในการส่งเสริมความสามารถของรูปร่างส่วนบนและการดูแลตนเองของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลัง อย่างไรก็ตามการศึกษาที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวนน้อย ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลมาสังเคราะห์ วิเคราะห์ห่อหุ้ม (meta-analysis) ได้ ดังนั้นในอนาคตควรมีการศึกษาวิจัยเชิงทดลองในประเด็นนี้ต่อไป เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่นำมาสนับสนุนข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ และเพิ่มความชัดเจนของแนวทางการใช้หุ่นยนต์ในการฟื้นฟูผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

**คำสำคัญ:** ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ, การฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์, รูปร่างส่วนบน

\*สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ



### Abstract

**Objectives:** To investigate the effects and protocols of robotic assisted therapy (Exoskeleton devices) in cervical spinal cord injury persons.

**Method:** A systematic search was conducted only Randomized controlled trial and published in English. We were searching through Medline, Scopus and Central and the studies were published between 2012-2021 A.D. The Cochrane Collaboration was used for risk of bias assessment.

**Results:** Two articles met the inclusion criteria. The results shown that muscle strength of upper extremities and self-care performance can be improved in cervical spinal cord injury persons who used robotic assisted therapy combined conventional occupational therapy. Furthermore, two articles have different in frequency and duration for training so the protocols of using robotic for upper extremities rehabilitation cannot be clearly conclusion.

**Conclusion:** In addition, the result revealed that robotic assisted therapy is efficacy for improve upper extremity function and self-care performance in cervical spinal cord injury persons. However, there are a few studies for analysis so meta-analysis cannot be conduct. Eventually,

in the future study should be experimental research for finding effects and protocols for upper extremities training in cervical spinal cord injury persons.

**Keyword:** Cervical spinal cord injury, robotic assisted therapy, Upper Extremity Rehabilitation

## บทนำ

### ความสำคัญของปัญหา

การบาดเจ็บของไขสันหลังระดับคอ คือ การบาดเจ็บที่ทำให้ไขสันหลังถูกกระทบกระเทือนจากแรงภายนอกที่มากระทำต่อกระดูกสันหลังระดับคอโดยตรง จากสถิติทั่วโลกพบอุบัติการณ์ผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอรายใหม่ สูงถึง 10.5 รายต่อประชากรหนึ่งแสนคน สำหรับประเทศไทยพบว่าผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอที่เข้ารับการรักษแบบผู้ป่วยในตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2560 จำนวน 671 ราย<sup>(1)</sup> ซึ่งมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุจราจร ร้อยละ 57 รองลงมาคืออุบัติเหตุจากการพลัดตกจากที่สูง ร้อยละ 31.4 การถูกทำร้ายร่างกาย ร้อยละ 4.6 และสาเหตุอื่น ๆ ร้อยละ 7<sup>(2)</sup> นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นนอกจากการบาดเจ็บของไขสันหลังโดยตรง ได้แก่ ไขสันหลังอักเสบ เนื้องอกหรือโรคหลอดเลือดที่ทำให้เกิดพยาธิสภาพที่ไขสันหลังและมีอาการคล้ายกับการบาดเจ็บไขสันหลังโดยตรง<sup>(3)</sup> ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บของไขสันหลังมักเกิดความบกพร่องของระบบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับตำแหน่ง ชนิด และความรุนแรงของภยันตรายที่ได้รับ เช่น ความบกพร่องของระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินปัสสาวะและการขับถ่าย ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ระบบสืบพันธุ์ ระบบหลอดเลือดและการไหลเวียน<sup>(1)</sup> รวมถึงการอ่อนแรงหรืออัมพาตของแขน ขา และลำตัว มีอาการชา สูญเสียการรับรู้ความรู้สึกเกี่ยวกับความปวด อุณหภูมิ แรงกด และสัมผัสต่าง ๆ ของร่างกาย นำไปสู่ความพิการและสูญเสียความสามารถในการเคลื่อนไหวแขนและขา ทำให้การช่วยเหลือตนเองในการทำกิจวัตรประจำวันลดลง<sup>(4)</sup> ดังนั้นผู้ป่วยส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดปัญหาการสูญเสียความสามารถการเคลื่อนไหวของร่างกาย และความรุนแรงของความพิการที่เกิดขึ้น เพื่อให้สามารถกลับไปใช้ชีวิตประจำวันและช่วยเหลือตัวเองได้ตามศักยภาพสูงสุด

การฟื้นฟูด้วยรูปแบบ Robotic Assisted Therapy เป็นหนึ่งในวิธีที่นำมาใช้ในการฟื้นฟูความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายบางส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลัง โดยจากหลายการศึกษาที่ผ่านมา<sup>(5,6)</sup> แสดงให้เห็นว่า Robotic Assisted Therapy มีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายบางส่วนบนในผู้ป่วยกลุ่มนี้ และช่วยให้ผู้ป่วยมีความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันได้ดีขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีหลายการศึกษาในต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการใช้ Robotic Assisted Therapy ในการฟื้นฟูทักษะการเคลื่อนไหวร่างกายบางส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ ในเครื่องมือที่แตกต่างกัน เช่น Andago, MAHI Exo-I, Reaching Robot, ReoGo และ Armeo เป็นต้น และมีแนวทางในการนำมาใช้ที่หลากหลาย รวมทั้งยังมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ การใช้ Robotic Assisted Therapy ร่วมกับการฟื้นฟูทางกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิม (Conventional occupational therapy) ในการฟื้นฟูผู้ป่วยกลุ่มนี้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาประสิทธิภาพของการฟื้นฟูร่างกายบางส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอด้วย Robotic Assisted Therapy เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาช่วยพัฒนาการให้บริการทางคลินิกของงานกิจกรรมบำบัด และนำไปต่อยอดเป็นต้นแบบในการให้บริการในสถานพยาบาลอื่น ๆ ที่มีบริบทใกล้เคียงกัน ตลอดจนเผยแพร่ความรู้ที่ได้ แก่บุคลากรสาธารณสุข เพื่อนำไปสู่การพัฒนางานด้านการฟื้นฟูของประเทศต่อไป



### วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้ Robotic Assisted Therapy (Exoskeleton Devices) ในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ
2. เพื่อศึกษาแนวทางในการใช้ Robotic Assisted Therapy (Exoskeleton Devices) ในการฟื้นฟูร่างกายส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

### วิธีดำเนินการศึกษา

#### รูปแบบการศึกษา (Study design)

เป็นการศึกษาการทบทวนอย่างเป็นระบบ (systematic review) โดยใช้เอกสารที่เป็นผลงานวิจัยภาษาอังกฤษที่ได้รับการเผยแพร่ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012 - 2021

#### ระเบียบวิธีวิจัย (Study methods)

##### 1) เกณฑ์การคัดเลือกการศึกษา (Criteria for considering studies)

ประเภทรายงานการศึกษาที่คัดเลือก ได้แก่ การศึกษาประเภท Randomized controlled trials (RCTs) และ Quasi Randomized controlled trials ที่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิผลของการฟื้นฟูร่างกายส่วนบนด้วย Robotic assisted therapy (exoskeleton device) ในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

##### 2) ประชากร (Target population)

ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอที่เข้ารับการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายส่วนบนด้วยวิธี Robotic assisted therapy (exoskeleton device)

##### 3) การสืบค้นข้อมูล (Search methods)

ทำการสืบค้นจากฐานข้อมูล CENTRAL, SCOPUS และ MEDLINE ผ่าน Pubmed โดยดำเนินการตามกลยุทธ์การสืบค้น

##### 4) ผู้เข้าร่วมโครงการ (Types of participants)

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) อ้างอิงตาม PICO framework สำหรับงานวิจัยทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trials: RCT)

**Participant (P)** ได้แก่ ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

*Key word:* cervical spinal cord injury, Tetraplegia, quadriplegia



**Intervention (I)** ได้แก่ การใช้ Robotic assisted therapy (exoskeleton device) ต่อการฟื้นฟูพวยางค์ส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

*Key word:* “Robotic assisted therapy (exoskeleton device)”, “Robotic Assisted training”, Exoskeleton device

**Comparison (C)** ได้แก่ การใช้เทคนิคหรือวิธีการอื่น ต่อการฟื้นฟูพวยางค์ส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ เช่น การฟื้นฟูด้วยวิธีทางกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิม การกระตุ้นด้วย คลื่นแม่เหล็ก เป็นต้น

**Outcome (O)** ได้แก่ ประสิทธิภาพของการฟื้นฟูพวยางค์ส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ เช่น ความสามารถในการเคลื่อนไหวแขนและมือ ตามแบบประเมิน Jepsen taylor hand function test, Action research arm test, Range of motion (ROM), Graded and Redefined assessment of strength, Sensibility and Prehension (GRASSP)

#### เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ ที่ไม่ได้รับการฟื้นฟูด้วย Robotic assisted therapy (exoskeleton device)

#### 5) การวัดผลลัพธ์ (Outcome measures)

##### ผลลัพธ์หลัก (Primary outcomes)

ประสิทธิภาพของการฟื้นฟูพวยางค์ส่วนบนในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอด้วย Robotic assisted therapy

#### 6) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

##### การคัดเลือกการศึกษา

ผู้วิจัย 2 คน ทำการคัดเลือกการศึกษาโดยตรวจสอบชื่อเรื่องและบทคัดย่อทั้งหมดที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลอย่างเป็นอิสระต่อกัน การศึกษาใดที่ไม่ตรงกับเกณฑ์คัดเข้าที่กำหนดจะถูกคัดออก กรณีที่ผลการคัดเลือกไม่ตรงกัน ผู้วิจัยจะประชุมร่วมกันและแสดงความคิดเห็นที่เกี่ยวข้อง หรือกรณีจำเป็นจะให้ผู้วิจัยคนที่ 3 เข้าร่วมเพื่อแสดงความคิดเห็นและร่วมกันสรุปสุดท้ายในการคัดเลือกการศึกษา

### การประเมินคุณภาพเอกสาร

การศึกษาที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและผ่านเกณฑ์คัดเข้าทั้งหมดจะถูกประเมินคุณภาพโดยผู้วิจัยอย่างเป็นอิสระต่อกัน โดยใช้เครื่องมือประเมินความเสี่ยงของอคติ หรือความเอนเอียงของเอกสารด้วย The Cochrane Collaboration<sup>(7)</sup> ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

- การสร้างลำดับของผู้เข้าร่วมโครงการ (sequence generation)
- การจัดผู้เข้าร่วมโครงการโดยการสุ่มอย่างปกปิด (allocation concealment)
- การปกปิดวิธีการรักษา : ผู้เข้าร่วมโครงการผู้วิจัย ผู้วัดผล (blinding)
- จำนวนข้อมูลของผลลัพธ์ที่ไม่ครบถ้วน (incomplete outcome data)
- การเลือกผลลัพธ์เพื่อรายงาน (selective reporting)

โดยผลการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

- ความเสี่ยงของอคติสูงหรือมีความเอนเอียงของเอกสารสูง (high risk of bias)
- ความเสี่ยงของอคติต่ำหรือมีความเอนเอียงของเอกสารต่ำ (low risk of bias)
- ระดับข้อมูลไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถระบุความเอนเอียงของเอกสารได้ (unclear risk of bias)

### การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล (Data analysis and synthesis)

#### การแยกข้อมูล (Data extraction and management)

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาที่ได้รับคัดเลือก อาทิ จำนวนผู้ป่วยในแต่ละรูปแบบการศึกษา อายุ ระยะเวลา การเกิดโรค ระยะเวลาการติดตามผล ตลอดจนผลลัพธ์ด้านต่าง ๆ ถูกคัดแยกอย่างเป็นอิสระต่อกันโดยผู้วิจัย 2 คน ในประเด็นที่มีความเห็นไม่ตรงกัน ทีมผู้วิจัยจะการประชุมหารือกันเพื่อหาข้อยุติ หรือกรณีที่จำเป็นจะให้ผู้วิจัยคนที่ 3 เป็นผู้ให้ข้อคิดเห็น

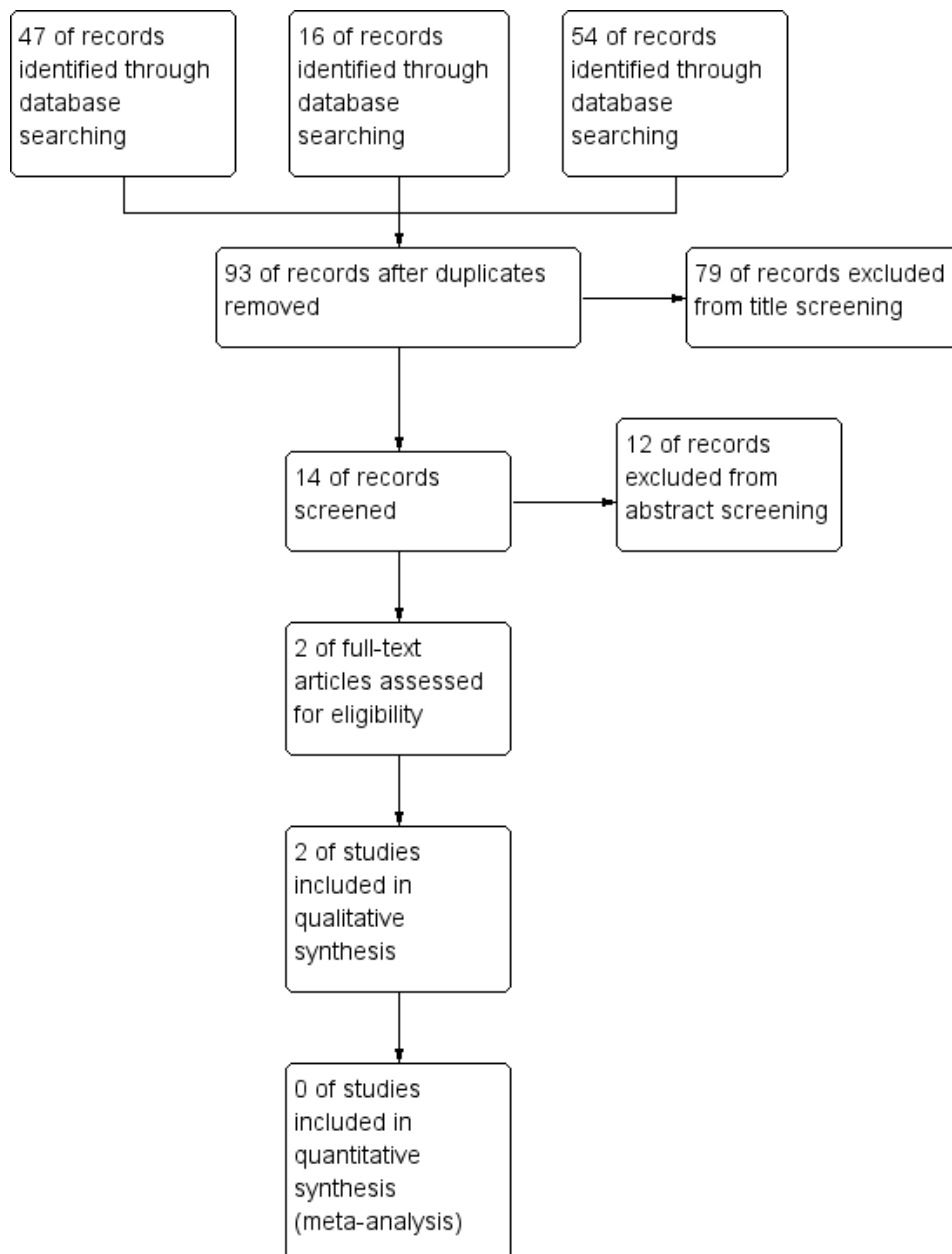
#### การสังเคราะห์ข้อมูล (Data synthesis)

ผู้วิจัยจะนำผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์ข้อมูลแบบ descriptive synthesis และ meta-analysis

## ผลการศึกษา

### ผลการสืบค้นข้อมูล

การสืบค้นข้อมูลตามกลยุทธ์การสืบค้นจากฐานข้อมูล MEDLINE Scopus และ CENTRAL ได้เอกสารการศึกษา จำนวน 93 การศึกษาที่ไม่ซ้ำกัน โดยคัดเลือกเฉพาะการศึกษาที่เกี่ยวข้องจากชื่อเรื่อง และบทคัดย่อ ได้ตามเกณฑ์ จำนวน 2 การศึกษา ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภูมิการคัดเลือกการศึกษา

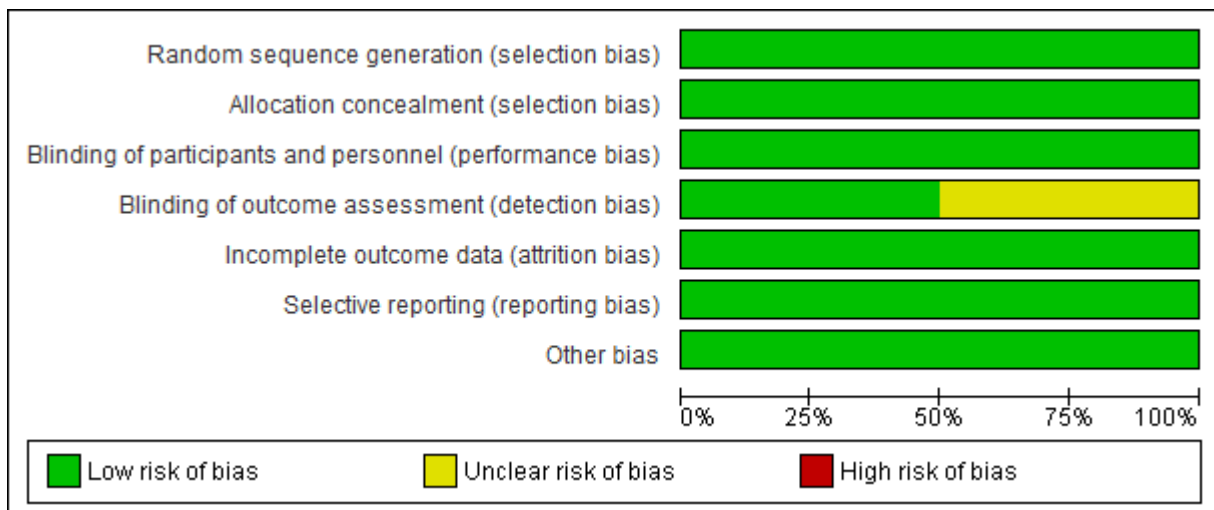


### ผลการประเมินคุณภาพรายงานการศึกษา

ผลการประเมินความเสี่ยงของอคติในการศึกษาทั้ง 2 การศึกษา มีผลการประเมิน ดังรูปที่ 2 และ 3

|           | Random sequence generation (selection bias) | Allocation concealment (selection bias) | Blinding of participants and personnel (performance bias) | Blinding of outcome assessment (detection bias) | Incomplete outcome data (attrition bias) | Selective reporting (reporting bias) | Other bias |
|-----------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| Jung 2019 | +                                           | +                                       | +                                                         | ?                                               | +                                        | +                                    | +          |
| Kim 2019a | +                                           | +                                       | +                                                         | +                                               | +                                        | +                                    | +          |

รูปที่ 2 แผนภูมิความเสี่ยงของอคติแต่ละการศึกษา



รูปที่ 3 แผนภูมิความเสี่ยงของอคติทุกการศึกษา



ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล

| การศึกษา                   | กลุ่มประชากร                                                                             | Method                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Outcome measurement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Result                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jung <sup>(8)</sup> (2019) | ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ จำนวน 30 คน<br>กลุ่มทดลอง 17 คน<br>กลุ่มควบคุม 13 คน | ทั้งสองกลุ่มได้รับโปรแกรมการฟื้นฟูทางกิจกรรมบำบัด<br>ดั้งเดิม จำนวน 30 นาที และได้รับโปรแกรมเพิ่มเติม ดังนี้<br><b>กลุ่มทดลอง</b><br>- การฟื้นฟูด้วย ArneoPower และ Amadeo รวม 40 นาที<br><b>กลุ่มควบคุม</b><br>- การฟื้นฟูด้วยกิจกรรมบำบัดดั้งเดิม 40 นาที<br>เป็นระยะเวลา 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมทั้งหมด 15 ครั้ง | <b>ผลลัพธ์หลัก</b><br>- คะแนนความสามารถการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน ด้วยแบบประเมิน The Graded and Redefined Assessment of strength, sensibility and prehension (GRASSP) ประกอบด้วยหัวข้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การรับรู้ความรู้สึก และการหยิบจับ<br><b>ผลลัพธ์รอง</b><br>- คะแนนกำลังกล้ามเนื้อของส่วนบน ประเมินด้วยแบบประเมิน Manual muscle test (MMT) โดยประเมินตามกล้ามเนื้อหลักของระดับพยาธิสภาพ<br>- การวัดกำลังของมือในการทำและจับ (Grip and pinch strength) ด้วยเครื่องมือ hydraulic hand dynamometer และ hydraulic pinch gauge<br>- คะแนนในหัวข้อการดูแลตนเอง ประกอบด้วยการรับประทานอาหาร การอาบน้ำส่วนบน-ส่วนล่าง การแต่งกายส่วนบน-ส่วนล่าง และการประคบสมุนไพร ด้วยแบบประเมิน The Spinal Cord Independence Measurement III (SCIM III) | <b>ผลลัพธ์หลัก</b><br>- หัวข้อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยแบบประเมิน GRASSP คะแนนทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังได้รับโปรแกรมฟื้นฟู มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบคะแนนทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<br>- หัวข้อการรับรู้ความรู้สึกเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการฟื้นฟูทั้งสองกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<br>- หัวข้อการหยิบจับด้วยแบบประเมิน GRASSP ในข้อมูลเชิงคุณภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการฟื้นฟู กลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในข้อมูลเชิงปริมาณเปรียบเทียบก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการฟื้นฟู กลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ |





## ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)

| การศึกษา | กลุ่มประชากร | Method | Outcome measurement | Result                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|--------------|--------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |              |        |                     | <p><b>ผลลัพธ์รอง</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- คะแนนกำลังกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพส่วนบน ด้วยแบบประเมิน MMT ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังได้รับโปรแกรมฟื้นฟู สอดคล้องกับผลการประเมิน GRASSP ในหัวข้อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ</li><li>- ผลการวัดกำลังของมือในท่ากำและจับเปรียบเทียบก่อนและหลังได้รับโปรแกรมฟื้นฟู ในกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ</li><li>- ผลรวมคะแนนการดูแลตนเอง ด้วยแบบประเมิน SCIM III เปรียบเทียบก่อนและหลังได้รับโปรแกรมฟื้นฟูทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มทดลอง หัวข้อการอาบน้ำส่วนบน การแต่งกายส่วนบน และการประคบเนื้อหัตถ์มีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มควบคุมหัวข้อการแต่งกายส่วนล่างมีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการอาบน้ำส่วนบน</li></ul> |

ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)

| การศึกษา                  | กลุ่มประชากร                                                                             | Method                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Outcome measurement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Result                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kim <sup>(9)</sup> (2018) | ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ จำนวน 34 คน<br>กลุ่มทดลอง 17 คน<br>กลุ่มควบคุม 17 คน | ทั้งสองกลุ่มได้รับโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดจำนวน 1 ชั่วโมง และการฟื้นฟูทางกิจกรรมบำบัดดั้งเดิม จำนวน 30 นาที และได้รับโปรแกรมเพิ่มเติม<br><br><b>กลุ่มทดลอง</b><br>- การฟื้นฟูด้วย ArneoPower 30 นาที<br><br><b>กลุ่มควบคุม</b><br>- การฟื้นฟูทางกิจกรรมบำบัดดั้งเดิม 30 นาที เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ | <b>ผลลัพธ์หลัก</b><br>คะแนนกำลังกล้ามเนื้อส่วนบน ประเมินด้วยแบบประเมิน Manual muscle test (MMT) โดยประเมินตามกลุ่มกล้ามเนื้อหลักของระดับพยาธิสภาพ<br><br><b>ผลลัพธ์รอง</b><br>คะแนนแต่ละหัวข้อและผลรวมคะแนนความสามารถในการช่วยเหลือตนเองในผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลัง แบบประเมิน The Spinal Cord Independence Measurement III (SCIM III) ในหัวข้อต่อไปนี้<br>1. การดูแลตนเอง 2. การจัดการระบบการหายใจ และการขับถ่าย 3. การเคลื่อนย้ายภายในห้อง และห้องน้ำ 4. การเคลื่อนย้ายภายในและภายนอกบ้าน | <b>ผลลัพธ์หลัก</b><br>- คะแนนกำลังกล้ามเนื้อส่วนบนในกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<br><br><b>ผลลัพธ์รอง</b><br>- คะแนนในหัวข้อด้านการเคลื่อนย้ายตนเองภายในห้องและห้องน้ำทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในหัวข้ออื่น ๆ ทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลรวมคะแนนความสามารถในการช่วยเหลือตนเองในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ |



การศึกษาประสิทธิผลของการฟื้นฟูร่างกายส่วนบนของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ จากการทบทวนอย่างเป็นระบบจากรายงานการศึกษาฉบับเต็มที่ตรงตามเกณฑ์กำหนด จำนวน 2 การศึกษา ดังนี้

Kim<sup>(8)</sup> ในปี ค.ศ.2018 ศึกษาประสิทธิภาพทางคลินิกของการฟื้นฟูร่างกายส่วนบนด้วยหุ่นยนต์ในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ ไขสันหลังระดับคอ จำนวน 34 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งสองกลุ่มได้รับการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดจำนวน 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลอง ได้รับการฟื้นฟูเพิ่มเติมด้วยกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิม 30 นาที ร่วมกับการฟื้นฟูด้วย ArmeoPower 30 นาที รวมเป็นเวลา 120 นาที กลุ่มควบคุมได้รับการฟื้นฟูเพิ่มเติมด้วยกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิม 60 นาที รวมเป็นเวลา 120 นาที ทั้งสองกลุ่มได้รับการฟื้นฟูจำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมเป็น 20 ครั้ง โดยวิธีทางกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิมใช้การฟื้นฟูด้วยการฝึกกิจวัตรประจำวัน ร่วมกับการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยการให้แรงต้าน การเคลื่อนไหว โดยการศึกษานี้วัดผลด้วย แบบประเมิน Manual muscle test (MMT) และ The Spinal Cord Independence Measurement III (SCIM III) ในหัวข้อต่อไปนี้ การดูแลตนเอง การจัดการระบบการหายใจและการขับถ่าย การเคลื่อนย้ายภายในห้องและห้องน้ำ การเคลื่อนย้ายภายในบ้านและภายนอกบ้าน ผลการศึกษาพบว่า หลังการฟื้นฟูค่ามัธยฐานของข้อมูลกำลังกล้ามเนื้ออย่างส่วนบนในกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลรวมคะแนนความสามารถในการดูแลตนเองในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลัง รวมถึงคะแนนด้านการเคลื่อนย้ายตนเองภายในห้องและห้องน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในคะแนนด้านอื่น ๆ ทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Jung<sup>(9)</sup> ในปี ค.ศ.2019 ศึกษาผลของการฟื้นฟูร่างกายส่วนบนด้วยหุ่นยนต์ร่วมกับการฝึกกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิม ในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ เก็บข้อมูลในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอที่ 2 ถึงระดับคอที่ 8 (C2-C8) ที่มีระยะเวลาการเกิดโรคน้อยกว่า 24 เดือน จำนวน 30 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองได้รับการฟื้นฟูด้วยวิธีกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิม 30 นาที ร่วมกับการฟื้นฟูโดยใช้เครื่อง Armeo Power และ Amadeo 40 นาที รวมเป็นเวลา 70 นาที กลุ่มควบคุมได้รับการฟื้นฟูด้วยวิธีกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิมเพียงอย่างเดียวเป็นเวลา 70 นาที โดยวิธีทางกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิมจะใช้การวิเคราะห์และออกแบบกิจกรรมที่มีความเหมาะสมในผู้ป่วยแต่ละราย เน้นการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้ออย่างส่วนบนด้านอ่อนแรงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหวแบบละเอียด ทั้งสองกลุ่มได้รับการฟื้นฟูจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 15 ครั้ง โดยการศึกษานี้วัดผลด้วย 1. The Graded and Redefined Assessment of strength, sensibility and prehension (GRASSP) 2. Manual muscle test (MMT) 3. Grip and pinch strength 4. The Spinal Cord Independence Measurement III (SCIM III) ในหัวข้อการดูแลตนเอง ประกอบด้วย การดื่อกอาหาร การอาบน้ำส่วนบน-ส่วนล่าง การแต่งกายส่วนบน-ส่วนล่าง และการประคบร้อน ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบประเมิน GRASSP ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านการหยิบจับ พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนด้านคุณภาพการหยิบจับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนนด้านความสามารถในการหยิบจับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการประเมินความสามารถในการดูแล



ตนเองตามแบบประเมิน SCIM-III พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหัวข้อ การอาบน้ำส่วนบนและการแต่งกายส่วนบน ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเพิ่มขึ้นในหัวข้อการแต่งกายส่วนล่าง แต่ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทั้งสองกลุ่ม ยกเว้นในหัวข้อการแต่งกายส่วนบน

### สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากการทบทวนอย่างเป็นระบบในครั้งนี้ สืบค้นจากแหล่งข้อมูล 3 ฐานข้อมูล คือ MEDLINE ผ่าน PubMed, Scopus และ CENTRAL โดยจำกัดประเภทการศึกษาที่เป็นประเภท Randomized controlled trial ซึ่งได้ผลลัพธ์ทั้งหมดจำนวน 2 การศึกษาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ คือการศึกษาของ Kim<sup>(8)</sup> และการศึกษาของ Jung<sup>(9)</sup> โดยเป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของการฟื้นฟูร่างกายส่วนบนด้วยหุ่นยนต์กับการฟื้นฟูทางกิจกรรมบำบัดในผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ การศึกษาที่นำมาทบทวนมีความเสี่ยงของอคติในด้านการปกปิดวิธีการฟื้นฟูต่ำ เนื่องจากมีการปกปิดวิธีการแบ่งกลุ่ม แต่ด้วยรูปแบบของวิธีการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ ในกลุ่มทดลอง จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการฟื้นฟู จึงทำให้ไม่สามารถปกปิดวิธีการฟื้นฟูได้ จากรายงานการศึกษาทั้ง 2 การศึกษา มีความเหมือนกันในเรื่องของประเภทหุ่นยนต์ที่ใช้ในการฟื้นฟูร่างกายส่วนบน คือ เครื่อง ArmeoPower แม้รูปแบบ วิธีการ ความถี่ และการวัดผลตลอดจนระยะเวลาการเกิดโรคของผู้ป่วยของทั้ง 2 การศึกษาแตกต่างกัน

การศึกษาของ Kim<sup>(8)</sup> มีการใช้เครื่องมือในการวัดผลลัพธ์หลักที่แตกต่างกับการศึกษาของ Jung<sup>(9)</sup> คือ การประเมินการรับรู้ความรู้สึก ความสามารถและกำลังในการหยิบจับรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zariffa<sup>(10)</sup> ที่มีการวัดการรับรู้ความรู้สึก ในกลุ่มที่ได้รับการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์มีคะแนนเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม ส่วนการศึกษาของ Kim<sup>(8)</sup> ที่ใช้แบบประเมินความสามารถในการดูแลตนเอง ประเมินในหัวข้อดังนี้ การดูแลตนเอง การจัดการระบบการหายใจและการขับถ่าย การเคลื่อนย้ายภายในห้องและห้องน้ำ การเคลื่อนย้ายภายในบ้านและภายนอกบ้าน ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ Jung<sup>(9)</sup> ที่ประเมินเพียงหัวข้อการดูแลตนเอง อย่างไรก็ตามข้อสรุปที่ได้จากทั้ง 2 การศึกษา พบว่า การฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายส่วนบน ช่วยเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อและความสามารถในการดูแลตนเองของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

สำหรับแนวทางในการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ พบว่า ทั้ง 2 การศึกษามีความแตกต่างกันในด้านความถี่และระยะเวลาในการฟื้นฟู กล่าวคือ การศึกษาของ Jung<sup>(9)</sup> มีการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ที่ความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 40 นาทีต่อครั้ง ส่วน Kim<sup>(8)</sup> มีการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ที่ความถี่ 5 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 30 นาทีต่อครั้ง แต่ผลการศึกษาทั้ง 2 พบว่า ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อร่างกายส่วนบน ความสามารถในการเคลื่อนไหว และความสามารถในการดูแลตนเองเพิ่มขึ้นหลังได้รับการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ ดังนั้นจึงทำให้ไม่สามารถสรุปแนวทางที่ชัดเจนของการนำหุ่นยนต์มาใช้ในแง่ของความถี่และระยะเวลาในการฟื้นฟู ทั้งนี้ในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นนี้เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับแนวทางในการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการฟื้นฟูผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ



ส่วนข้อจำกัดของการศึกษาทั้ง 2 การศึกษา พบว่า การศึกษาของ Jung<sup>(9)</sup> มีข้อจำกัด คือ 1) ประเภทของหุ่นยนต์ที่นำมาใช้ในการฟื้นฟู เป็นเพียงรูปแบบหุ่นยนต์ที่มีโครงพวง (Exoskeletal device) 2) มีความหลากหลายของตำแหน่งพยาธิสภาพและระยะเวลาการเกิดโรคของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ จึงอาจทำให้มีความแตกต่างกันของระดับความสามารถในการเคลื่อนไหวของผู้เข้าร่วม 3) รูปแบบกิจกรรมฟื้นฟู มีความแตกต่างกันตามระดับความสามารถของผู้เข้าร่วม อาจส่งผลต่อการแปลผลข้อมูล สำหรับการศึกษาของ Kim<sup>(8)</sup> พบข้อจำกัด คือ 1) หุ่นยนต์ที่นำมาใช้ในการฟื้นฟูมีเพียงประเภทเดียว เช่นเดียวกับการศึกษาของ Jung<sup>(9)</sup> นอกจากนี้ลักษณะของหุ่นยนต์ไม่ได้เน้นรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบละเอียด (Fine movement) 2) ขาดการติดตามผลในระยะยาว ทำให้ไม่สามารถระบุความคงอยู่ของประสิทธิภาพในการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ 3) แบบประเมินผลลัพธ์ไม่เฉพาะเจาะจงกับกลุ่มผู้เข้าร่วม 4) มีความแตกต่างของระยะเวลาการเกิดโรคของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

ข้อสรุปที่ได้จากการทบทวนอย่างเป็นระบบในครั้งนี้ พบว่า การฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ช่วยเพิ่มความแข็งแรง และความสามารถในการเคลื่อนไหวบางส่วนในกลุ่มผู้ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา ที่พบว่าการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์สามารถเพิ่มความสามารถการควบคุมการเคลื่อนไหวบางส่วนในผู้ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังได้<sup>(11)</sup> นอกจากนี้ยังพบว่า การฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ร่วมกับการฟื้นฟูทางกิจกรรมบำบัดแบบดั้งเดิม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้มากกว่าการฟื้นฟูด้วยวิธีการใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว<sup>(9)</sup> แต่เนื่องจากจำนวนการศึกษาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ครั้งนี้มีค่อนข้างน้อย ประกอบกับมีความหลากหลายในเรื่องของกลุ่มตัวอย่าง วิธีการดำเนินวิจัย และการวัดผลลัพธ์ ทางผู้วิจัยจึงเห็นควรให้มีการศึกษาเกี่ยวกับการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ในกลุ่มผู้ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอในรูปแบบของการวิจัยเชิงทดลองเพิ่มเติมในอนาคต เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่นำมาสนับสนุนข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ และเพิ่มความชัดเจนเกี่ยวกับประสิทธิผลของการฟื้นฟูด้วยหุ่นยนต์ต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวบางส่วนในผู้ได้รับบาดเจ็บไขสันหลังระดับคอ

### เอกสารอ้างอิง

1. Butsankot P, Kongklang J. ไขสันหลังในระยะฟื้นฟู Nursing Care for Prevention Complications of Patient with Spine and Spinal Cord Injuries in Rehabilitation Phase. 2021; 36(5): 639–48.
2. Chavasiri C, Wilatratsami S, Ruangchainikom M, Korwutthikulrangsri E, Luksanapruksa P. Demographic and clinical profiles of traumatic spinal injury patients at the Siriraj Spinal Unit-Southeast Asia's first dedicated spinal injury center. J Med Assoc Thail. 2019; 102(10): 79–85.
3. พิศักดิ์ ชินชัยและทศพล บรรยมาภ. กิจกรรมบำบัดสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านระบบประสาท (Occupational Therapy for Persons with Neurological Conditions). 3rd ed. เชียงใหม่: ภาควิชากิจกรรมบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2548.





4. นาริรัตน์ พุทธกุล. ประสบการณ์ความปวดเรื้อรัง การจัดการความปวด และคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลัง [Internet]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2557. Available from: <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/9689/1/389091.pdf>
5. Kadivar Z, Malley O, Yozbatiran N, Francisco GE. Robotic Training and Kinematic Analysis of Arm and Hand after Incomplete Spinal Cord Injury : A Case Study . 2011;
6. Spinal Cord Injury Information Page [Internet]. 2021. Available from: <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/All-Disorders/Spinal-Cord-Injury-Information-Page>
7. สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์. คู่มือการประเมินคุณภาพเอกสารงานวิจัย [Internet]. 2562. 6–7. Available from: <http://www.imrta.dms.moph.go.th/imrta/images/doc20190110.pdf>
8. Kim J, Suk B, Lee LH, Cho HKD, Kim JLJ, Yeon H, et al. Clinical ef fi cacy of upper limb robotic therapy in people with tetraplegia : a pilot randomized controlled trial. Spinal Cord [Internet]. 2019; 49–57. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41393-018-0190-z>
9. Jung JH, Lee HJ, Cho DY, Lim J, Lee BS, Kwon SH, et al. Effects of Combined Upper Limb Robotic Therapy in Patients With Tetraplegic Spinal Cord Injury. Ann Rehabil Med. 2019; 43 (4): 445–57.
10. Zariffa J, Kapadia N, Kramer JLK, Taylor P, Zivanovic V, Willms R, et al. Feasibility and efficacy of upper limb robotic rehabilitation in a subacute cervical spinal cord injury population. 2012; (July 2011): 220–6.
11. Lu X, Battistuzzo CR, Zoghi M, Galea MP. Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury : a systematic review. Sage J. 2014; 29(1): 3–13.