

ความสำคัญทางคลินิกของการเปลี่ยนแปลงตามวัยทางชีวกลศาสตร์ ของการปั่นเก้าอี้ล้อในผู้สูงอายุ

ธฤชนวัชร ไชยโคตร*

บทคัดย่อ

แม้ว่าประชากรผู้สูงอายุจะพบการใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเทียบกับประชากรวัยอื่น แต่การศึกษาชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือในผู้สูงอายุยังมีไม่มากนัก การปั่นเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือเป็นวงจรการเคลื่อนไหวแบบซ้ำๆ ที่มีประสิทธิภาพเชิงกลต่ำ ซึ่งนำไปสู่การบาดเจ็บอย่างเฉียบพลันที่พบได้บ่อย การศึกษาชีวกลศาสตร์พบว่า ผู้สูงอายุจะปั่นเก้าอี้ล้อด้วยความเร็วที่ลดลง แต่ความถี่ของการผลักล้อสูงขึ้น ทำให้ใช้พลังงานมาก เมื่อเทียบกับคนหนุ่มสาว ผนวกกับภาวะเฉื่อยชาและร่างกายถดถอยตามวัย ส่งผลให้ผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บสูงสุด อย่างไรก็ตาม องค์ความรู้ด้านชีวกลศาสตร์ของการปั่นล้อในผู้สูงอายุยังต้องการการศึกษาอีกมาก วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อ 1) ทบทวนวรรณกรรมด้านชีวกลศาสตร์และที่เกี่ยวข้องกับการปั่นเก้าอี้ล้อในผู้สูงอายุ 2) สร้างการรับรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างของการปั่นล้อระหว่างผู้สูงอายุกับคนหนุ่มสาว อันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ทางคลินิกในการออกแบบ การเลือกเก้าอี้ล้อให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ รวมทั้งการออกกำลังกายเพื่อป้องกันการบาดเจ็บ และพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ประสิทธิภาพในการปั่นล้อ และคุณภาพชีวิตโดยรวมของผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ

คำสำคัญ : เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ, ชีวกลศาสตร์, การปั่นเก้าอี้ล้อ, ผู้สูงอายุ, การเคลื่อนที่

* อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน

Corresponding author, email: dhissanuvachc@christian.ac.th, Tel 089-1848522

Received : January 26, 2022; Revised : March 31, 2022; Accepted : April 28, 2022

Clinical Significance of Age-Related Changes in Wheelchair Propulsion Biomechanics in Older Adults

Dhissanuvach Chaikhot*

Abstract

In spite of the highest prevalence of older adults using a handrim self-propelled wheelchair or manual wheelchair, compared to other populations, study on how the ageing affects wheelchair propulsion biomechanics is still scarce. Manual wheelchair propulsion is a repetitive cyclic movement with low mechanical efficiency. This could result in upper limb injuries, which are commonly found in manual wheelchair users. Biomechanically, older adult wheelchair users propel their wheelchair with a lower self-paced speed and higher push frequency, which are considered as a high demanding task. The biomechanical inefficiency coupling with inactive and degenerative conditions put the older adult wheelchair users at the highest risk of the injuries. However, more in-depth researches into ageing propulsion biomechanics are required. The objectives of this article were 1) to review the existing and relevant literature on propulsion biomechanics in older adults, and 2) to increase awareness of the differences in propulsion characteristics between older adults and their younger counterparts. These may enable clinicians to design and prescribe the well-fitting wheelchairs regarding the propulsion biomechanics, and exercise to prevent the injuries and to improve fitness, propulsion effectiveness and overall quality of life.

Keywords : Manual wheelchair, Biomechanics, Wheelchair propulsion, Older adults, Self-ambulation

* Instructor, College of Health Science, Christian University of Thailand

Corresponding author, email: dhissanuvachc@christian.ac.th, Tel 089-1848522

Received : January 26, 2022; **Revised :** March 31, 2022; **Accepted :** April 28, 2022

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุทั้งในประเทศไทยและทั่วโลกเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของการใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ (handrim self-propelled wheelchair) นอกจากเหตุผลด้านราคาที่ไม่แพงของเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ การกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้สูงอายุให้มีการเคลื่อนที่ด้วยตนเองและการเพิ่มกิจกรรมทางกายด้วยการปั่นล้อ ก็เป็นอีกเหตุผลสำคัญที่ทำให้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือถูกใช้แพร่หลายในผู้สูงอายุ เมื่อเทียบกับเก้าอี้ล้อไฟฟ้า (powered wheelchair) ที่มีราคาแพงกว่า อย่างไรก็ตาม มีการรายงานว่าประมาณร้อยละ 70 ของผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือมีอาการบาดเจ็บรยางค์แขนและหัวไหล่ เนื่องจากกล้ามเนื้อแขนและไหล่ต้องทำงานหนักซ้ำๆ อย่างต่อเนื่องและยาวนาน รวมทั้งรูปแบบการปั่นล้อเป็นการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพเชิงกลขั้นต้นต่ำ (gross mechanical efficiency, GE) ประมาณ 11% ซึ่งหมายถึงร่างกายใช้พลังงานมากแต่ได้งานการเคลื่อนที่น้อย ในขณะที่ GE ของการปั่นจักรยานอาจสูงถึง 23% ยิ่งกว่านั้น ผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือที่เป็นผู้สูงอายุที่มีสมรรถภาพทางกายถดถอยตามวัย จะถือว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงสุดต่อการบาดเจ็บรยางค์แขนและหัวไหล่ เนื่องจากกำลังและแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความสามารถในการปั่นเก้าอี้ล้อ (propulsion ability) อย่างไรก็ตาม องค์ความรู้ทางชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อในผู้สูงอายุในปัจจุบันยังมีไม่มากนัก ความเข้าใจเกี่ยวกับผลของอายุต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อจะทำให้เราทราบข้อมูลเชิงลึกถึงสาเหตุและการป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นบ่อยได้ หากเราเข้าใจว่าแรงถูกสร้างมาอย่างไรและถูกส่งไปยังวงล้อ (pushrim) อย่างไร จะช่วยให้เราเข้าใจว่าแรงเหล่านี้มีความสัมพันธ์อย่างไรกับการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงกลในการปั่นล้อ รวมทั้งจะช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์หลักการทำงานของรยางค์แขนและหัวไหล่ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ เป็นที่ทราบกันดีว่าผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อเป็นกลุ่มที่เฉื่อยชา (inactive) ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาสุขภาพและภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ การส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมีกิจกรรมทางกายเพิ่มมากขึ้นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งยวด อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายรูปแบบใดจึงจะเหมาะสมที่สุดกับกลุ่มผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อยังต้องการการศึกษาอีกมาก บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ทบทวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือในประชากรผู้สูงอายุทั่วไปที่มีความจำเป็นต้องใช้เก้าอี้ล้อเป็นรูปแบบหลักในการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวัน (primary mean of locomotion) ที่มีสาเหตุเกิดจากปัญหาทางสุขภาพที่ส่งผลให้เกิดความยากในการเดินหรือไม่สามารถเดินได้ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลประชากร ชนิดของเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ ชีวกลศาสตร์ของการปั่นล้อ ความถดถอยด้านร่างกายของผู้สูงอายุที่ส่งผลต่อสมรรถภาพและชีวกลศาสตร์ของการปั่นล้อ การบาดเจ็บของรยางค์แขนและหัวไหล่ตลอดจนการป้องกันและลดการบาดเจ็บด้วยการออกกำลังกายในรูปแบบต่างๆ ตามหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และ 2) สร้างการรับรู้และความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของการปั่นล้อในผู้สูงอายุ อันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ทางคลินิกในการออกแบบ การเลือกเก้าอี้ล้อให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ รวมทั้งการออกกำลังกายเพื่อป้องกันการบาดเจ็บ และพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ประสิทธิภาพในการปั่นล้อ และคุณภาพชีวิตโดยรวมของผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ

ผู้สูงอายุกับเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ

1. ข้อมูลประชากรของผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ

การเคลื่อนที่ด้วยตนเอง (self-locomotion) ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การเคลื่อนที่ด้วยรยางค์ขา (lower extremity locomotion) เช่น การเดิน หรือการปั่นจักรยาน และการเคลื่อนที่ด้วยรยางค์แขน (upper extremity locomotion) เช่น การปั่นเก้าอี้ล้อ ที่พบได้ในบุคคลที่มีความบกพร่องของการทำงานของขา เช่น ผู้ป่วยไขสันหลังบาดเจ็บ และผู้สูงอายุที่มีปัญหาทางสุขภาพที่ทำให้มีความลำบากในการเดินหรือไม่สามารถเดินได้ เป็นต้น เป็นที่ทราบกันดีว่าเก้าอี้ล้อแบบ

ป็นมือถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในผู้สูงอายุทั่วโลก และจำนวนผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบป็นมือมีมากกว่าการใช้เก้าอี้ล้อประเภทอื่น โดยเฉพาะในประชากรผู้สูงอายุ มีรายงานว่าผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบป็นมือมีจำนวนมากขึ้นอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากจำนวนประชากรผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นทั่วโลก จากข้อมูลเชิงสถิติพบว่า สัดส่วนของประชากรที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไปเติบโตรวดเร็วกว่าประชากรในช่วงวัยอื่นๆ โดยในปีค.ศ. 1970 มีประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป จำนวนร้อยละ 5 ของประชากรทั้งโลก เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7 ในปีค.ศ. 2014 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.3 หรือประมาณ 727 ล้านคน ในปี ค.ศ.2020 (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2020) การเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของการใช้เก้าอี้ล้อแบบป็นมือ โดยภายในปี ค.ศ. 2050 มีการคาดการณ์ว่าประชากรผู้สูงอายุทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16 ของประชากรทั้งโลก หรือประมาณ 1.5 พันล้านคน ซึ่งจะนำไปสู่การใช้เก้าอี้ล้อแบบป็นมือเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ

ในประเทศไทย มีการคาดการณ์ว่า มีผู้ที่จำเป็นต้องใช้เก้าอี้ล้อในการดำเนินชีวิตกว่า 8 แสนคน หรือประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนผู้พิการด้านการเคลื่อนไหวทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานทางสถิติที่แน่ชัดว่ามีผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อมีจำนวนเท่าใด แต่จากข้อมูลพบว่า ประเทศไทยมีผู้พิการที่ถือบัตรประจำตัวคนพิการประมาณ 2 ล้านคน โดยมากกว่าร้อยละ 55 ของผู้พิการทั้งหมดเป็นผู้สูงอายุ หรือคิดเป็นจำนวน 1,168,165 คน โดยส่วนใหญ่มีความพิการทางการเคลื่อนไหวหรือทางร่างกายมากที่สุด (กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์, 2564) จากสถิติดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ามีผู้สูงอายุจำนวนมากต้องใช้หรือต้องการใช้เก้าอี้ล้อในชีวิตประจำวัน ซึ่งยังไม่รวมผู้สูงอายุอีกจำนวนมากที่ไม่ได้อยู่ในระบบทะเบียนบัตรประจำตัวคนพิการของภาครัฐ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการใช้เก้าอี้ล้อในประชากรผู้สูงอายุโดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ที่รายงานการใช้และความต้องการใช้เก้าอี้ล้อแบบป็นมือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา รวมทั้งประเทศไทย (World Health Organization, 2017)

แม้ว่าการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมิติต่างๆ ของการใช้เก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุในประเทศไทย และผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตยังมีไม่มากนัก แต่หากพิจารณาการใช้เก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุจะพบว่า ประกอบด้วย 2 ลักษณะ (Sonnenblum, Sprigle, & Lopez, 2012) คือ 1) การป็นเก้าอี้ล้อด้วยตนเอง (self-propelled) ได้แก่ การเคลื่อนที่ด้วยตนเองภายในที่พักอาศัย (indoor self-mobility) ซึ่งเป็นรูปแบบการใช้เก้าอี้ล้อหลักที่พบบ่อยที่สุดในกิจวัตรประจำวัน 2) การใช้เก้าอี้ล้อเพื่อการเคลื่อนที่ภายนอกที่พักอาศัยและการเดินทาง (outdoor mobility and transportation) ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบได้ไม่บ่อยนักในประเทศไทย เนื่องจากข้อจำกัดด้านความปลอดภัย รวมถึงโครงสร้างทางกายภาพ และเทคโนโลยีสนับสนุนการใช้เก้าอี้ล้อของสังคมไทย (นราพงศ์, อนันตกุล, ประเสริฐ, และดุชนิ , 2564) อย่างไรก็ตาม การศึกษาการใช้เก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุในประเทศเพื่อนบ้านที่มีความใกล้เคียงกันทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และภูมิศาสตร์พบว่า กลุ่มผู้ใช้เก้าอี้ล้อที่มีอายุมาก ส่วนใหญ่มีฐานะยากจน และจำเป็นต้องใช้เก้าอี้ล้อด้วยตนเองเป็นประจำทุกวัน โดยใช้เวลาในเก้าอี้ล้อประมาณ 3 ชั่วโมงต่อวัน ระยะทางในการเคลื่อนที่เฉลี่ยน้อยกว่า 500 เมตรต่อวัน ซึ่งการเคลื่อนที่เกือบทั้งหมดเกิดขึ้นในที่พักอาศัย (World Health Organization, 2017; Vasquez et al., 2020) สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศตะวันตก ที่พบว่าการใช้เก้าอี้ล้อในที่พักอาศัยของผู้สูงอายุจะป็นอย่างซ้ำๆ โดยมีระยะทางสั้นๆ ในการป็นแต่ละรอบการป็น (bout) และมีระยะทางในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 685 เมตรต่อวัน (Karmarkar, et al., 2010; Sonnenblum et al., 2012) นอกจากนี้ ยังพบว่าผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบป็นมือในประเทศไทยส่วนมากมีฐานะยากจน อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบท และโดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มักอาศัยอยู่ลำพังในบ้าน ต้องพึ่งพาตนเองในการทำกิจวัตรประจำวันเป็นส่วนใหญ่ และหากต้องเดินทางไปสถานที่ไกลๆ เช่นไปโรงพยาบาลเพื่อพบแพทย์ ต้องพึ่งพาบุคลากรในการช่วยเข็นเก้าอี้ล้อ (Putthinoi, Lersilp, & Chakpitak, 2017) อย่างไรก็ตามคุณภาพชีวิตของผู้ใช้เก้าอี้ล้อในประเทศไทย

มีทิศทางและแนวโน้มที่ดีขึ้นเป็นลำดับ เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับผู้พิการ รวมทั้งผู้สูงอายุที่มีความยากลำบากในการเดินหรือการเคลื่อนที่ เพื่อให้มีโอกาสและสิทธิต่างๆ ที่เท่าเทียมกับบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัจจุบันประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ (completely aged society) และจะกลายเป็นสังคมสูงอายุระดับสุดยอด (super aged society) ในอีกประมาณ 20 ปีข้างหน้า ซึ่งคาดการณ์ว่ารูปแบบการใช้เก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุในประเทศไทยในอนาคตอันใกล้จะเปลี่ยนแปลงจาก ‘ผู้นั่งเก้าอี้ล้อ’ หรือ ‘wheelchair bound persons’ ที่ต้องพึ่งพาผู้อื่นในกิจวัตรประจำวันเป็นส่วนใหญ่ ไปสู่การเป็น ‘ผู้ใช้เก้าอี้ล้อ’ หรือ ‘independent wheelchair users’ เช่นเดียวกับประเทศตะวันตก ที่ผู้ใช้เก้าอี้ล้อพึ่งพาตนเองและเป็นอิสระในการเคลื่อนที่และการเดินทาง ซึ่งเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่าและศักดิ์ศรี

2. ชนิดของเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือที่ใช้ในผู้สูงอายุ

เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนที่ที่ถูกใช้มากที่สุดในประชากรที่มีความบกพร่องการทำงานของรยางค์ขา (leg impairment) และเป็นอุปกรณ์ที่ถูกใช้มากที่สุดในกลุ่มประชากรที่ใช้อุปกรณ์ช่วยการเคลื่อนที่ชนิดล้อ (wheeled mobility users) แม้ว่าเก้าอี้ล้อไฟฟ้าจะเริ่มมีบทบาทมากขึ้น แต่จากผลการศึกษาพบว่า เก้าอี้ล้อแบบปั่นมอยังถูกใช้สูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง เนื่องจากเหตุผลด้านราคาถูกกว่า เข้าถึงได้ง่าย และยังเป็นทางเลือกให้ผู้สูงอายุได้ออกแรง ออกกำลังกาย และเคลื่อนไหวร่างกายขณะปั่นล้อ มีรายงานว่าประมาณร้อยละ 90 ของผู้ใช้อุปกรณ์ช่วยการเคลื่อนที่ชนิดล้อหรือมากกว่า 3.6 ล้านคนในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ การใช้เก้าอี้ล้อที่เหมาะสมไม่เพียงแต่ส่งเสริมการเคลื่อนไหวเท่านั้น แต่ยังช่วยพัฒนาการมีส่วนร่วมในสังคม (social participation) สุขภาพกาย (physical health) และคุณภาพชีวิต (quality of life) ของผู้ใช้เก้าอี้ล้อ อย่างไรก็ตาม ผู้สูงอายุมักพบความยากลำบากในการใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ มีรายงานว่าผู้สูงอายุที่เพิ่งใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือมากกว่าร้อยละ 60 มีประสบการณ์ไม่พึงประสงค์ในการปั่นล้อ เช่น มีอาการบาดเจ็บของรยางค์แขนหรือหัวไหล่ (Ganesh et al., 2007)

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขของสหรัฐอเมริกา หรือ Centers for Medicare and Medicaid Services (CMS) โดย Health Care Common Procedure Coding system (HCPCS) ได้จำแนกเก้าอี้ล้อแบบปั่นมือเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1) เก้าอี้ล้อเข็น (depot wheelchair) บางครั้งเรียกว่า ‘รถเข็นผู้ป่วย’ หรือ ‘รถเข็นทั่วไป’ หมายถึงเก้าอี้ล้อชนิดที่ต้องออกแรงปั่นมือด้วยตนเอง หรือมีผู้อื่นออกแรงผลักดันจากทางด้านหลังเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ มักพบในโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล เก้าอี้ล้อชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อความมั่นคงสูง (stability) เพื่อใช้ขนส่งผู้ป่วยแบบชั่วคราวเท่านั้น (temporary transport) ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ในการใช้ขับเคลื่อนด้วยการปั่นมือในระยะไกล หรือในชีวิตประจำวัน (full-time use) เนื่องจากเก้าอี้ล้อชนิดนี้มีน้ำหนักมากกว่า 36 ปอนด์ หรือ 16.33 กิโลกรัม และไม่สามารถการปรับองค์ประกอบใดๆ ของโครงเก้าอี้หรือล้อได้ จึงอาจไม่เหมาะสมกับสรีระของผู้ใช้ในการปั่นล้อเพื่อการขับเคลื่อนด้วยตนเองในระยะไกล

2) เก้าอี้ล้อรุ่นมาตรฐาน (standard wheelchair) หมายถึง เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือที่มีน้ำหนักมากกว่า 36 ปอนด์ หรือ 16.33 กิโลกรัม และตำแหน่งเพลาล้อหลังคงที่ (fixed rear axle position) รับน้ำหนักได้น้อยกว่า 250 ปอนด์ หรือ 113.4 กิโลกรัม เบาะรองนั่งสูงจากพื้นมากกว่า 19 นิ้ว ที่นั่งมีความลึกและกว้างประมาณ 15 – 19 นิ้ว นอกจากนี้ เก้าอี้ล้อรุ่นมาตรฐานยังถูกประยุกต์ด้วยการออกแบบให้น้ำหนักเบาลง โดยมีน้ำหนักระหว่าง 34 – 36 ปอนด์ โดยจะเรียกเก้าอี้ล้อรุ่นนี้ว่า ‘รุ่นน้ำหนักเบา’ หรือ

‘lightweight wheelchair’ หากเก้าอี้ล้อน้ำหนักเบากว่านี้จะเรียกว่า ‘รุ่นน้ำหนักเบาพิเศษ’ หรือ ‘ultralight wheelchair’ ซึ่งมีเพลาล้อหลังที่สามารถปรับได้

3) เก้าอี้ล้อปรับแต่งเฉพาะ (customized wheelchair) หมายถึง เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือที่ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับสรีระ ความต้องการ หรือลักษณะการใช้งานของผู้ใช้เฉพาะราย โดยมากจะออกแบบเพื่อส่งเสริมการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ ให้ง่ายขึ้น ใช้พลังงานในการปั่นไม่มาก และสามารถตอบสนองความต้องการในการเคลื่อนที่ระยะไกล ที่มีความเร็วและความคล่องตัวสูง

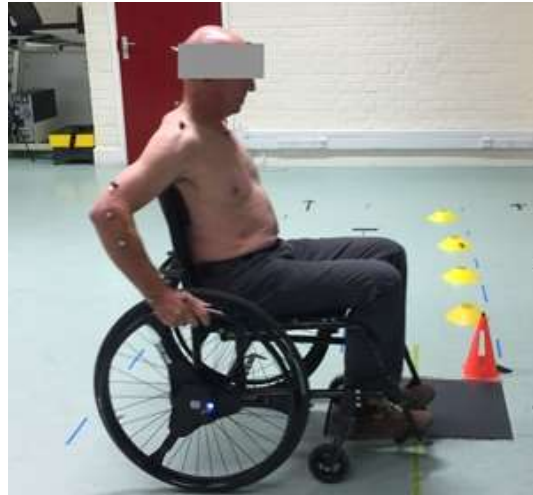
มีรายงานพบว่าผู้สูงอายุมีแนวโน้มสูงที่จะได้รับการจ่ายเก้าอี้ล้อมาตรฐานมากกว่าเก้าอี้ล้อปรับแต่งเฉพาะ แม้ว่าเก้าอี้ล้อเข็นจะมีราคาถูกกว่า แต่ไม่เป็นที่นิยม มีผู้ใช้ร้อยละ 8 จากผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือทั้งหมด ผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้เก้าอี้ล้อรุ่นนี้อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับรุ่นอื่นๆ เนื่องจากมีน้ำหนักมากและไม่เหมาะสมกับสรีระของผู้ใช้ที่เป็นผู้สูงอายุ นอกจากนี้ ผู้สูงอายุที่มีภาวะไขสันหลังบาดเจ็บเป็นกลุ่มที่มักจะได้รับเก้าอี้ล้อปรับแต่งเฉพาะ เมื่อเทียบกับผู้สูงอายุที่มีปัญหาสุขภาพอื่น (Karmarkar et al., 2010) อย่างไรก็ตาม รายงานการใช้เก้าอี้ล้อในผู้สูงอายุที่มีการเผยแพร่ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลจากประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งต้องการการศึกษาอีกมากในสภาพความแตกต่างกันทั้งด้านพื้นที่ภูมิประเทศ วัฒนธรรมและสังคม เศรษฐฐานะ การศึกษา หรือระบบสุขภาพ

ลักษณะการปั่นเก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุ

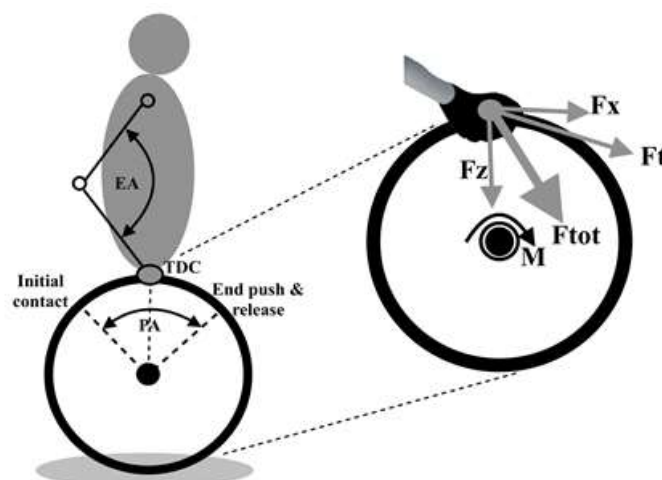
1. การศึกษาทางชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อ

การศึกษาชีวกลศาสตร์การปั่นเก้าอี้ล้อ เป็นการศึกษาการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างเก้าอี้ล้อและผู้ใช้เก้าอี้ล้อ (wheelchair – user interaction) เพื่อวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ (kinetics) เช่น แรงต่างๆ (force) และแรงบิดรอบดุมล้อ (Moment หรือ Mz) ซึ่งทำให้ล้อหมุนและเคลื่อนที่ และการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ที่มีส่วนในการสร้างแรงและแรงบิดดังกล่าว และจลนศาสตร์ (kinematics) ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะการเคลื่อนที่ของเก้าอี้ล้อที่สัมพันธ์กับระยะทาง เวลา ความเร็ว ความเร่ง เป็นต้น การศึกษาชีวกลศาสตร์การปั่นเก้าอี้ล้อมีความยุ่งยากและซับซ้อน ต้องใช้เครื่องมือพิเศษต่างๆ ในการวัดและวิเคราะห์ตัวแปรทางจลนพลศาสตร์และจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ ในห้องปฏิบัติการและทางคลินิกมักจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “ล้อวัดแรง” โดยจะสวมล้อวัดงานนี้เข้าไปแทนที่ล้อปกติ ตัวอย่างเทคโนโลยีล้อวัดงานที่ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น SMART^{Wheel} ดังแสดงในรูปที่ 1

เพื่อการปั่นล้อที่มีประสิทธิภาพ ผู้ใช้เก้าอี้ล้อต้องออกแรงผลักให้อยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับวงล้อ (tangential force; Ft) หากแรงอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับวงล้อมากเท่าไร จะทำให้แรงบิดรอบดุมล้อ หรือ Mz มากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ล้อหมุนอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพเชิงกลของการผลักล้อ (push mechanical effectiveness) สามารถดูได้จากสัดส่วนของ Ft ต่อปริมาณแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวงล้อ หรือ Ftot (total force) หรือเรียกว่า สัดส่วนแรงประสิทธิภาพ (Fraction of Effective Force, FEF) จากการศึกษาของ Veeger, van de Woude, & Rozendal (1991) พบว่า ในการปั่นเก้าอี้ล้อของผู้บาดเจ็บไขสันหลัง บุคคลปกติ หรือนักกีฬาเก้าอี้ล้อ (wheelchair athletes) มีค่า FEF ประมาณ 57% – 81% ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับการปั่นจักรยานด้วยเท้า ที่มีค่า FEF มากกว่า 90% และมีรายงานว่า ผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือที่เป็นผู้สูงอายุมีค่า FEF ประมาณ 44% - 52% นอกจากนี้ การศึกษาที่พบว่าผู้สูงอายุมีค่ากำลังขับเคลื่อนสูงสุด (peak power output, PO_{peak}) และค่า FEF ต่ำกว่าคนวัยหนุ่ม (Hers, Sawatzky, & Sheel, 2016) อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมอีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อในช่วงอายุต่างๆ และ/หรือมีปัญหาด้านสุขภาพต่างๆ เพื่อจะได้เข้าใจตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในประชากรกลุ่มนี้มากยิ่งขึ้น

รูปที่ 1 เก้าอี้ล้อว่งงาน SMART^{Wheel}

วงจรการปั่นล้อ (propulsion cycle) ประกอบด้วย 2 ระยะ (phase) คือ 1) ระยะผลักแรง (push phase) โดยเริ่มตั้งแต่มือจับวงล้อ ณ ตำแหน่ง initial contact ซึ่งค่อนข้างไปด้านหลังของลำตัว จนกระทั่งตำแหน่งสุดท้ายที่มือจับวงล้อ หรือ end push ก่อนที่จะปล่อยมือจากวงล้อ โดยมุมของการออกแรงผลักมือที่กระทำต่อวงล้อจากตำแหน่ง initial contact ถึง end push ในแต่ละรอบ เรียกว่ามุมการผลักวงล้อ (push angle หรือ PA) ระยะผลักแรงใช้ระยะเวลาประมาณร้อยละ 40 ของวงจรการปั่นล้อทั้งหมด 2) ระยะปล่อยมือ (recovery phase) หรือระยะที่ไม่มีแรงภายนอก (จากมือ) มากระทำต่อวงล้อ ระยะนี้จะสิ้นสุดลงก่อนที่มือจะเริ่มจับวงล้อ ณ ตำแหน่ง initial contact เพื่อเข้าสู่วงจรของการปั่นล้ออีกครั้ง ระยะปล่อยมือมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 60 ของวงจรการปั่นล้อทั้งหมด รูปที่ 2 ยังแสดงทิศทางต่างๆ ของแรงที่กระทำต่อวงล้อ แรงผลักจะถูกถ่ายทอดสู่วงล้อ ณ ตำแหน่ง top dead center (TDC) มุมของข้อศอกขณะมือจับบนวงล้อแทนด้วย EA (elbow angle) M_z หมายถึง แรงบิดรอบดุมล้อ ทำให้ล้อเกิดความเร่งเชิงมุม F_x หมายถึง แรงในแนวนานกับพื้นพุ่งไปด้านหน้า F_y หมายถึง แรงในแนวตั้งลงพื้น, F_t หมายถึง แรงในแนวเส้นสัมผัสกับวงล้อ ซึ่งเป็นแรงหลักในการขับเคลื่อนล้อให้หมุนไปด้านหน้า F_{tot} หมายถึง แรงทั้งหมดที่ถูกผลักมายังวงล้อ (หมายเหตุ: F_z หมายถึง แรงในแนวที่พุ่งออกจากดุมล้อเข้าหาผู้อ่าน ไม่ได้แสดงในภาพนี้)



รูปที่ 2 ระยะของการปั่นล้อ มุมข้อศอก และแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อวงล้อ

2. การทำงานของกล้ามเนื้อขณะปั่นเก้าอี้ล้อ

จากการศึกษาที่ผ่านมาในประชากรที่อายุไม่มาก (young adult) พบว่าการปั่นเก้าอี้ล้อต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อหลายมัด โดยเฉพาะกล้ามเนื้อของไหล่ และรยางค์แขน ร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อลำตัวที่จะช่วยให้การปั่นเก้าอี้ล้อเป็นไปอย่างราบรื่น การทำงานของกล้ามเนื้อมัดต่างๆ สามารถแบ่งได้ตามวงจรการปั่นล้อ 2 ระยะ ได้แก่

1) ระยะผลักแรง มีกล้ามเนื้อหลักที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้ กล้ามเนื้อ biceps brachii ทำหน้าที่งอข้อศอก พบการทำงานสูงสุดในขณะมือจับวงล้อ (hand contact) ในช่วงเริ่มต้นของระยะผลักแรง และพบการทำงานของกล้ามเนื้อ deltoid anterior ในช่วงจังหวะดังกล่าวร่วมด้วย ในขณะที่กล้ามเนื้อ pectoralis major จะทำงานอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดระยะการผลักแรง ซึ่งทั้งกล้ามเนื้อ deltoid anterior และ pectoralis major ถือว่าเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เป็น prime movers ของการปั่นล้อ ระยะผลักแรง ในระยะผลักแรงยังพบการทำงานกล้ามเนื้อ triceps brachialis ที่มากขึ้นเป็นลำดับตั้งแต่ช่วงกลางจนถึงช่วงท้ายของระยะผลักแรง โดยพบการทำงานสูงสุดอยู่ในจังหวะปล่อยมือจากวงล้อ (hand release) ในการปั่นเก้าอี้ล้อด้วยความเร็วปกติ จะไม่พบการทำงานของกล้ามเนื้อ rectus abdominis แต่เมื่อต้องการเร่งความเร็วการปั่นให้มากขึ้นเท่าที่จะเป็นไปได้ จะพบการทำงานของกล้ามเนื้อมัดนี้ เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อลำตัวมัดลึกอื่นๆ เช่น multifidus เป็นต้น นอกจากนี้ ในระยะผลักแรงยังมีการทำงานของกล้ามเนื้ออื่นๆ ดังแสดงใน ตารางที่ 1

2) ระยะปล่อยมือ มีกล้ามเนื้อหลักที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กล้ามเนื้อ deltoid posterior ทำหน้าที่เหยียดแขนท่อนบนไปด้านหลัง ส่วนกล้ามเนื้อ deltoid medialis และ supraspinatus ทำหน้าที่ร่วมกันในการกางแขนท่อนบน กล้ามเนื้อ subscapularis ทำหน้าที่หมุนไหล่เข้าด้านใน และกล้ามเนื้อ trapezius medialis ทำหน้าที่ดึงสะบักมาทางด้านหลัง (scapular retraction) นอกจากนี้ยังพบว่ากล้ามเนื้อลำตัวเช่น multifidus และ external oblique มีการทำงานตลอดเวลาขณะปั่นล้อ ในระยะปล่อยมือยังมีการทำงานของกล้ามเนื้ออื่นๆ ดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทำงานของกล้ามเนื้อที่ขณะปั่นเก้าอี้ล้อ

กล้ามเนื้อ	ช่วงเวลาการทำงาน	
	ระยะผลักแรง	ระยะปล่อยมือ
Biceps brachii	ช่วง 1/4 แรกของระยะผลักแรง	ช่วงสั้นๆ สิ้นสุดท้ายของระยะปล่อยมือ
Triceps brachialis	ช่วงกลาง-ท้ายของระยะผลักแรง	ช่วง 1/2 แรกของระยะปล่อยมือ
Deltoid anterior	ช่วงแรก-กลางของระยะผลักแรง	ช่วง 1/4 สิ้นสุดท้ายของระยะปล่อยมือ
Deltoid medialis	ช่วงสั้นๆ สิ้นสุดท้ายของระยะผลักแรง	ตลอดระยะการปล่อยมือ
Deltoid posterior	ช่วงสั้นๆ สิ้นสุดท้ายของระยะผลักแรง	ตลอดระยะการปล่อยมือ
Pectoralis major	ช่วง 3/4 แรกของระยะผลักแรง	ช่วงสั้นๆ สิ้นสุดท้ายของระยะปล่อยมือ
Supraspinatus	ช่วง 3/4 แรกของระยะผลักแรง	ช่วง 1/3 สิ้นสุดท้ายของระยะปล่อยมือ
Infraspinatus	ตลอดระยะการผลักแรง	ช่วงสั้นๆ สิ้นสุดท้ายของระยะปล่อยมือ
Subscapularis	ช่วง 1/2 หลังของระยะผลักแรง	ตลอดระยะการปล่อยมือ
Teres minor	ช่วง 3/4 แรกของระยะผลักแรง	ช่วงสั้นๆ สิ้นสุดท้ายของระยะปล่อยมือ
Serratus anterior	ตลอดระยะการผลักแรง	ช่วง 2/3 สิ้นสุดท้ายของระยะปล่อยมือ

ตารางที่ 1 การทำงานของกล้ามเนื้อที่ขณะปั่นเก้าอี้ล้อ (ต่อ)

กล้ามเนื้อ	ช่วงเวลาการทำงาน	
	ระยะผลักแรง	ระยะปล่อยมือ
Latissimus dorsi	ช่วงสั้นๆ สุดท้ายของระยะผลักแรง	ช่วงแรกของระยะปล่อยมือ
Trapezius medialis	ช่วงสั้นๆ สุดท้ายของระยะผลักแรง	ตลอดระยะการปล่อยมือ
Wrist flexor muscles	ตลอดระยะการผลักแรง	ไม่พบการทำงานที่เด่นชัด
Finger flexor muscles	ตลอดระยะการผลักแรง	ไม่พบการทำงานที่เด่นชัด
External oblique	ตลอดระยะการผลักแรง	ตลอดระยะการปล่อยมือ
Internal oblique	ทำงานเมื่อมีการเพิ่มความเร็วของการปั่นเพิ่มขึ้น	ทำงานเมื่อมีการเพิ่มความเร็วของการปั่นเพิ่มขึ้น
Rectus abdominis	ทำงานเมื่อมีการเพิ่มความเร็วของการปั่นเพิ่มขึ้น	ทำงานเมื่อมีการเพิ่มความเร็วของการปั่นเพิ่มขึ้น
Multifidus	ตลอดระยะการผลักแรง	ตลอดระยะการปล่อยมือ

จากการศึกษาพบว่าในขณะที่ปั่นเก้าอี้ล้อ กลุ่มกล้ามเนื้อ rotator cuff ซึ่งได้แก่ supraspinatus, infraspinatus, subscapularis และ teres minor จะทำงานประสานสัมพันธ์กันตลอดเวลาทั้งในระยะผลักแรงและระยะปล่อยมือ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ supraspinatus เป็นกล้ามเนื้อที่มีแนวโน้มที่จะทำงานหนักเกินไป (overuse) ในขณะปั่นเก้าอี้ล้อ ซึ่งกล้ามเนื้อ supraspinatus จะทำงานด้วยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดในช่วงระยะผลักแรง ในขณะที่ในระยะปล่อยมือ กล้ามเนื้อ serratus anterior ที่ทำงานต่อเนื่องมาจากกระดูกซี่โครง จะทำงานสูงสุดใน ช่วง 2/3 สุดท้ายของระยะปล่อยมือ ถือว่าเป็นกล้ามเนื้อที่มีความเสี่ยงต่อการล้าได้ง่ายในการปั่นล้อ อย่างไรก็ตาม ยังต้องการการศึกษาอีกมากเพื่อที่จะทราบรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อขณะปั่นล้อ โดยเฉพาะในประชากรผู้สูงอายุ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีรายงานที่ชัดเจน

3. ผลของภาวะถดถอยของระบบกล้ามเนื้อต่อการปั่นเก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุ

จากการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือจะมีการเคลื่อนที่ต่ำ การเคลื่อนที่ที่น้อยลงเมื่ออายุมากขึ้น โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับการเคลื่อนที่โดยอิสระ (level of independence) คือ การสูญเสียมวลกล้ามเนื้อ เนื่องจากมวลกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหลักในสร้างกำลัง (power) และความแข็งแรง (strength) ของการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดลงด้วยอัตราร้อยละ 1 – 2 ต่อปี เมื่ออายุ 60 ปีขึ้นไป ร่วมกับความเร็วของการหดตัวลดลง ส่งผลให้กล้ามเนื้อสร้างกำลัง (power development) ได้น้อยลง (Hinrichs et al., 2016)

กำลังกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถปั่นเก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุ (propulsion performance) เมื่ออายุมากขึ้นกล้ามเนื้อจะสร้างแรงบิด (torque) ได้น้อยลง ส่งผลให้ความสามารถในการทำกิจกรรมประจำวันลดลง เช่น กล้ามเนื้อหน้าขา (quadriceps muscle) ของผู้สูงอายุจะสร้างแรงบิดสูงสุด (peak torques) ได้ลดลง ส่งผลให้เดินลำบากมากขึ้น แม้ในปัจจุบันการศึกษานิธิพลของอายุต่อชีวกลศาสตร์การปั่นเก้าอี้ล้ออาจยังไม่มีมากนัก แต่เมื่อเทียบเคียงกับการเดิน อาจสมมติฐานได้ว่า อายุที่มากขึ้นน่าจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการปั่นล้อ รวมทั้งชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อ เนื่องจากภาวะถดถอยตามวัยของการทำงานของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นพร้อมๆ กันทั้งร่างกายและแขน ดังนั้น หากชีวกลศาสตร์ของการเดินสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่ออายุมากขึ้น ชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อก็น่าจะได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน แต่จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร แตกต่างจากคนหนุ่มสาวมากน้อยอย่างไร

จำเป็นต้องการการศึกษาอีกมาก เพื่อที่ผู้เกี่ยวข้องจะสามารถป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่ทำงานอย่างหนักในขณะปั่นล้อ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการล้าได้ง่ายในการปั่นล้อ เช่น กล้ามเนื้อ supraspinatus และ serratus anterior เป็นต้น

4. สมรรถนะการใช้ออกซิเจนในการปั่นเก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุ

เป็นที่ทราบกันดีว่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (peak oxygen uptake, VO_{2peak}) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (peak heart rate, HR_{peak}) และ PO_{peak} ลดลงเมื่ออายุมากขึ้น ในการทดสอบการปั่นเก้าอี้ล้อแบบก้าวหน้า (progressive wheelchair test) พบว่าผู้สูงอายุ 80 – 90 ปี ต้องใช้พลังงานสูงกว่าคนหนุ่มสาวและความรู้สึกเหนื่อยล้ามากกว่าคนหนุ่มสาวในระดับกิจกรรมเดียวกัน ซึ่งแสดงว่าผู้สูงอายุต้องใช้ร่างกายหนักกว่าเมื่อเทียบกับความสามารถสูงสุดของร่างกาย (maximum physiological ability) นอกจากนี้ ในการทดสอบการปั่นล้อด้วยความเร็วสูงสุด (wheelchair sprint test) ค่า PO_{peak} และ FEF ในผู้สูงอายุต่ำกว่าคนวัยหนุ่ม แสดงให้เห็นว่าการลดลงของ FEF และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุส่งผลต่อความสามารถของการปั่นล้อลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสถานการณ์ที่ท้าทายในการปั่นล้อ เช่น การปั่นล้อนบนพื้นผิวขรุขระ หรือ การปั่นด้วยความเร็วเพื่อให้ทันสัญญาณไฟในข้ามถนน เป็นต้น ตารางที่ 2 แสดงสมรรถนะการใช้ออกซิเจนในการปั่นเก้าอี้ล้อในช่วงอายุต่าง ๆ ซึ่งพบว่า VO_{2peak} และ HR_{peak} ลดลงเมื่ออายุมากขึ้น (Hers et al., 2016)

5. ผลของอายุต่อความเร็วในการปั่นเก้าอี้ล้อ

ในทางชีวกลศาสตร์ จลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของการเดินจะขึ้นอยู่กับความเร็ว (speed) ความเร็วของการเดินส่งผลเชิงบวกอย่างชัดเจนกับความยาวของการก้าวขา (stride length) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น (stance time) เป็นต้น นอกจากนี้ ความเร็วปกติ (self-paced speed) ของการเดินยังสามารถบ่งชี้ภาวะพึ่งพิงในกิจวัตรประจำวันและอัตราการตายในผู้สูงอายุได้ แม้เป็นที่ทราบกันดีว่าอายุที่มากขึ้นมีผลทำให้การทำงานของร่างกายถดถอยลง (age-related functional decline) แต่การศึกษาทางชีวกลศาสตร์ในผู้สูงอายุส่วนมากจะมุ่งไปยังหน้าที่การทำงานของร่างกายหรือการเดิน จากองค์ความรู้ในปัจจุบัน ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดถึงผลของอายุต่อตัวแปรด้านชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อ แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่ออายุมากขึ้นจะพบภาวะถดถอยของการทำงานทั้งร่างกายและแขนในอัตราและเวลาที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นอาจคาดการณ์ได้ว่าชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้ออาจได้รับผลกระทบเมื่ออายุมากขึ้น

ตารางที่ 2 สมรรถนะการใช้ออกซิเจนในการปั่นเก้าอี้ล้อในช่วงอายุต่าง ๆ

กลุ่มตัวอย่าง	อายุ (ปี)	จำนวน (คน)	VO_{2peak} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	HR_{peak} ($beat \cdot min^{-1}$)
ร่างกายปกติและไม่ได้ใช้เก้าอี้ล้อในชีวิตประจำวัน	<30	7	33.04	185.12
	30-39	7	30.48	184.14
	≥40	6	27.41	174.66
ร่างกายบกพร่อง และใช้เก้าอี้ล้อในชีวิตประจำวัน	<30	27	23-27	175-181
	30-39	26	20-25	170-176
	≥40	24	16-19	166-172

ความถดถอยของการทำงานของขาเห็นได้ชัดเจนจากความเร็วปกติของการเดินจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น (Bohannon, 1997) มีการศึกษาพบว่าความเร็วปกติในการเดินในผู้สูงอายุ 60 – 89 ปี พบว่าผู้สูงอายุในช่วง 80 – 89 ปี มีความเร็วปกติในการเดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับช่วง 70 – 79 ปี และ 60 – 69 ปี (Steffen, Hacker & Mollinger, 2002) นอกจากนี้ ผู้สูงอายุที่ใช้โครงช่วยเดินแบบมีล้อ (4-wheel walker) มีความเร็วปกติในการเดินลดลงอย่างชัดเจน (Hoenig, Morgan, Montgomery, Landerman, & Caves, 2015) ในทำนองเดียวกัน การศึกษาในการปีนเก้าอี้ล้อบนพื้นกระเบื้องพบว่า ความเร็วปกติของคนหนุ่มสาวสูงสุดที่ 1.14 m/s และ 0.64 m/s ในผู้สูงอายุ (Dysterheft, Rice, & Rice, 2015) ความเร็วปกติในการปีนเก้าอี้ล้อยังขึ้นอยู่กับพื้นผิว พื้นผิวที่มีแรงเสียดทานมาก เช่น พื้นพรม จะทำให้ปีนได้ยากขึ้นและความเร็วในการปีนลดลง มีรายงานว่าความเร็วปกติในการปีนเก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุจะลดลงอย่างมาก หากพื้นผิวมีเสียดทานสูง เช่นพรมชนิดหนาพิเศษ มีความเร็วปกติเพียง 0.06 m/s ขณะที่ปีนเก้าอี้ล้อพื้นกระเบื้องมีความเร็วปกติ 0.64 m/s ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความเร็วปกติในการเดินและการปีนล้อในช่วงอายุต่าง ๆ

ผู้วิจัย	อายุ (ปี)	จำนวน (คน)	น้ำหนัก (kg)	ส่วนสูง (cm)	กิจกรรม	ความเร็วปกติ (m/s)
Bohannon et al., (1997)	30	36	66-80	164-176	เดิน	1.42-1.46
	40	43	63-86	163-175	เดิน	1.40-1.47
	50	43	65-87	162-175	เดิน	1.39-1.40
	60	36	63-81	160-175	เดิน	1.30-1.36
	70	42	59-77	158-174	เดิน	1.27-1.33
Steffen et al., (2002)	60-69	37	74-83	159-172	เดิน	1.44-1.59
	70-79	36			เดิน	1.33-1.38
	80-89	23			เดิน	1.15-1.21
Hoenig et al., (2015)	71	53	90	170.6	เดินด้วย walker แบบมีล้อ	0.79 (ในชุมชน) 0.43 (ในบ้าน)
Dysterheft et al., (2015)	13-18	10	n/a	n/a	ปีนเก้าอี้ล้อ	1.12-1.33 (พื้นพรม) 1.07-1.14 (พื้นกระเบื้อง)
Richter et al., (2007)	25-47	26	70	n/a	ปีนเก้าอี้ล้อ	1.16
Karmarkar et al., (2009)	63	26	90	n/a	ปีนเก้าอี้ล้อ	0.64 -0.76
Hoenig et al., (2015)	71	53	90	170.6	ปีนเก้าอี้ล้อ	0.61 (ในชุมชน) 0.27 (ในบ้าน)
Karmarkar et al., (2010)	74-84	38	n/a	n/a	ปีนเก้าอี้ล้อ	0.48
Cowan et al., (2009)	74	53	77	170	ปีนเก้าอี้ล้อ*	0.06 (พื้นพรมชนิดหนา) 0.64 (พื้นกระเบื้อง)

* เป็นผู้ใช้เก้าอี้ล้อรายใหม่ n/a ไม่ปรากฏข้อมูล

เก้าอี้ล้อประเภทยืดหยุ่น หากลื่อนี้มาจากการยืดหยุ่นน้อยเกินไป จะเป็นการเพิ่มแรงต้านทานการหมุนของล้อได้เช่นกัน ดังนั้นการเอาใจใส่ดูแลเก้าอี้ล้อให้พร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอจึงมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการปั่นล้อ นอกจากความเร็วปกติในการปั่นล้อ ยังมีตัวแปรอื่น ๆ ทางชีวกลศาสตร์การปั่นเก้าอี้ล้อที่มีความสำคัญ เช่นแรงต่าง ๆ ที่ผู้สูงอายุผลักดันเพื่อการเคลื่อนที่ ทั้ง F_{tot} , F_t มุมการออกแรงผลักที่วิ่งล้อ (push angle) ความถี่ในการออกแรงผลักล้อ (push frequency) ระยะเวลาที่ออกแรงผลักบนวงล้อ (push time) ระยะเวลาในการปั่น 1 รอบ (cycle time) ระยะทางที่เก้าอี้ล้อเคลื่อนที่ในการออกแรงผลักแต่ละครั้ง (push distance) กำลังขับเคลื่อนที่ได้ในการออกแรงผลักแต่ละครั้ง (power output) รวมทั้ง FEF และ GE ของการปั่นเก้าอี้ล้อในผู้สูงอายุยังต้องการการศึกษาวิจัยอีกมากเพื่อให้เราเกิดความเข้าใจถึงผลของอายุที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อในผู้สูงอายุ

การบาดเจ็บที่พบบ่อยของรยางค์แขนและหัวไหล่ในผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ

ในกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน กล้ามเนื้อที่แข็งแรงก็สามารถบาดเจ็บได้ โดยเฉพาะการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออก (eccentric contraction) ยิ่งกว่านั้น กล้ามเนื้อผู้สูงอายุสามารถเกิดการบาดเจ็บได้มากกว่ากล้ามเนื้อของคนหนุ่มสาวในกิจกรรมเดียวกัน อีกทั้งการฟื้นฟูสภาพและการหายจากการบาดเจ็บของผู้สูงอายุก็ช้ากว่าหนุ่มสาวอีกด้วย เนื่องจากการลดลงของโปรตีนในกล้ามเนื้อ รวมถึงการลดลงของเซลล์แซทเทลไลท์ (satellite cells) ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเกิดใหม่ของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (muscle tissue regeneration) อีกทั้งมีการเปลี่ยนแปลงทางรูปลักษณ์ (morphological changes) และคุณสมบัติของการหดตัวของกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้มีรายงานว่า ความบกพร่องของการถ่ายทอดแรง (force transmission) ภายในกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุ เป็นต้นเหตุสำคัญอีกประการที่ส่งผลให้กล้ามเนื้อของผู้สูงอายุบาดเจ็บได้ง่าย รวมทั้งความแข็งแรงลดลง

ความชุกของการบาดเจ็บของรยางค์แขนและหัวไหล่ในผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือสูงกว่าประชากรกลุ่มอื่น มีรายงานว่า ประมาณร้อยละ 70 ของผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือมีอาการบาดเจ็บอย่างหนึ่งอย่างใดของแขนและหัวไหล่ (Requejo, Furumasu & Mulroy, 2015) Akbar et al. (2014) พบว่าร้อยละ 49 – 73 ของผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือเป็นโรคข้อมือจากพังผืดกดทับเส้นประสาท (carpal tunnel syndrome) และร้อยละ 60 มีอาการปวดไหล่ การบาดเจ็บเกิดขึ้นบ่อยนี้เป็นผลมาจากการเกิดโหลดปริมาณสูงซ้ำ ๆ (high repetitive load) กระทำต่อรยางค์แขนและหัวไหล่ขณะปั่นล้อ ด้วยกล้ามเนื้อแขนที่อ่อนแรงลงของผู้สูงอายุ ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่า ผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือจะมีอุบัติการณ์การบาดเจ็บสูงกว่ากลุ่มหนุ่มสาว

กลุ่มกล้ามเนื้อ rotator cuff ทำหน้าที่ให้ความมั่นคงของข้อไหล่และสร้างกำลังขับเคลื่อน (propulsive power) ขณะผลักวงล้อ อย่างไรก็ตาม ในขณะปั่นล้อนักปั่นกล้ามเนื้อ rotator cuff ต้องทำงานอย่างหนัก โดยที่ขนาดของกล้ามเนื้อค่อนข้างเล็กเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้ออื่น ๆ ที่ร่วมกันทำงานในการปั่นล้อ ทำให้มีแนวโน้มที่จะล้าได้ง่าย (Requejo et al., 2015) มีการศึกษาพบว่า ในระยะผลักแรง (push phase) กลุ่มกล้ามเนื้อ rotator cuff โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ supraspinatus ต้องสร้างแรงสูงถึงร้อยละ 30 ของแรงสูงสุด (maximum force) ในขณะที่เพียงร้อยละ 5 – 10 ของแรงมาจากกล้ามเนื้อมัดอื่น ๆ (Van Drongelen et al., 2005) ในผู้สูงอายุ กลุ่มกล้ามเนื้อ rotator cuff มักจะอ่อนแรง ส่งผลให้สร้างแรงได้น้อยลงและข้อไหล่ขาดความมั่นคงขณะเคลื่อนไหว ดังนั้น หัวกระดูกต้นแขน (humeral head) จะเคลื่อนขึ้นไปด้านบนและเกิดการเสียดสีกับถุงน้ำใต้กระดูกอะโครเมียน (subacromial bursa) เอ็นกล้ามเนื้อ supraspinatus และเอ็นเกาะต้นด้านยาว (long head) ของกล้ามเนื้อ biceps ทำให้เกิดการอักเสบของเอ็นกล้ามเนื้อ เช่น rotator cuff tendinitis และ bicipital tendinitis และกลุ่มอาการกดเบียดเส้นเอ็นภายในข้อไหล่ (impingement syndromes) ยิ่งกว่านั้น หากกล้ามเนื้อ pectoralis major อ่อนแรงร่วมด้วย ยิ่งจะส่งผลให้เกิดการกดเบียดเส้นเอ็นภายในข้อไหล่มากยิ่งขึ้น ซึ่งภาวะเหล่านี้ทำให้ผู้ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือมีอาการปวดเรื้อรัง การเคลื่อนที่

และการเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่าง ๆ ลดลง นำไปสู่การเกิดโรคแทรกซ้อนจากการขาดการเคลื่อนไหว คุณภาพชีวิตโดยรวมแย่ลง และอัตราการตายสูงขึ้นในที่สุด

องศาการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ที่มากจนเกินไปขณะปั่นล้อในระยะพลังแรง ทำให้กล้ามเนื้อรอบหัวไหล่บาดเจ็บ มักพบในผู้ใช้เก้าอี้ล้อที่มีโครงเก้าอี้ขนาดใหญ่รัศมีกว้าง การกดเบียดเส้นเอ็นภายในข้อไหล่เกิดขึ้นได้ง่ายจากการหมุนเข้าด้านใน (internal rotation) ทางออก (abduction) และยกขึ้น (flexion) ของข้อไหล่ (glenohumeral joint) โดยทั่วไป การเคลื่อนที่ของข้อไหล่ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ขณะปั่นเก้าอี้ล้อคือ ข้อไหล่หมุนเข้าด้านในและทางออก โดยในระยะ initial contact ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10 ของวงจรการปั่นล้อทั้งหมด ข้อไหล่จะมีการหมุนเข้าด้านใน 75 - 80 องศา จากนั้นประมาณร้อยละ 50 ของวงจรการปั่นล้อ ข้อไหล่ยังคงอยู่ในตำแหน่งหมุนเข้าด้านใน 60 องศาหรือมากกว่า การเคลื่อนไหวดังกล่าวทำให้ปุ่มใหญ่ของกระดูกต้นแขน (greater tuberosity) และเอ็นกล้ามเนื้อ supraspinatus เคลื่อนไปชนกับกระดูกอะโครเมียม (acromion) ซึ่งเป็นความเสี่ยงสูงต่อการกดเบียดเส้นเอ็นภายในข้อไหล่ นอกจากนี้ ในระยะพลังแรง หัวไหล่ยังมีการกางออกค่อนข้างมาก สูงสุดระหว่าง 40 - 90 องศา การลดการหมุนเข้าด้านในและทางออกของข้อไหล่ระหว่างการปั่นเก้าอี้ล้อเป็นหนึ่งในข้อแนะนำที่สำคัญในการป้องกันการบาดเจ็บของข้อไหล่ในผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ (Requejo et al., 2015)

นอกจากนี้ ด้วยลักษณะการปั่นเก้าอี้ล้อของผู้สูงอายุที่มีความเร็วค่อนข้างต่ำ แต่มีความถี่ของการผลักล้อสูง ซึ่งการปั่นเก้าอี้ล้อลักษณะดังกล่าวต้องการแรงค่อนข้างสูง (มากกว่า 39 N) จากการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อไหล่ เมื่อเทียบกับการปั่นด้วยความถี่ต่ำในการผลักล้อ ผนวกกับการถดถอยของการทำงานของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ ยิ่งส่งผลให้การปั่นเก้าอี้ล้อในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุมีความเสี่ยงสูงมากต่อการบาดเจ็บจากการใช้งานซ้ำ ๆ (repetitive strain injuries) และความเจ็บปวดเรื้อรัง (chronic pain) อย่างไรก็ตาม การลดความถี่ของการผลักล้อและการสร้างแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อไหล่ให้ลดลง เพื่อลดแรงเครียดที่กระทำต่อข้อไหล่ให้น้อยลงและทำให้การปั่นล้อปลอดภัยขึ้น สามารถทำได้ด้วยการเลือกใช้เก้าอี้ล้อที่เหมาะสมกับผู้ใช้ ทั้งด้านขนาด น้ำหนัก และองค์ประกอบของเก้าอี้ล้อ (well-fitting wheelchair) ที่ส่งผลต่อท่าทางการเคลื่อนไหวและความสามารถในการปั่นล้อของผู้สูงอายุ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เก้าอี้ล้อที่มีเบาะรองนั่งสูงจนเกินไปส่งผลให้ระยะพลังแรงสั้นลง และความถี่ในการผลักล้อสูงขึ้น ดังนั้นการเลือกเก้าอี้ล้อที่มีที่นั่งสูงในระดับที่เหมาะสมจะเป็นการลดความถี่ของการผลักล้อ และลดความเครียดต่อกล้ามเนื้อรอบข้อไหล่ด้วย นอกจากนี้ การฝึกการใช้เก้าอี้ล้อ (wheelchair training) ให้มีวิธีการการออกแรงผลักล้อให้มีประสิทธิภาพโดยใช้พลังงานงานต่ำ โดย Boninger et al. (2003) ได้แนะนำว่าการลดการบาดเจ็บจากการปั่นเก้าอี้ล้อสามารถทำได้โดยการลดแรงในระยะพลังล้อให้เหลือประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักตัว นั้นหมายความว่า การออกแรงต้องอยู่ในแนวเส้นสัมผัสวงล้อให้มากที่สุด ร่วมกับลดการสูญเสียแรงต่าง ๆ ลง เพื่อทำให้เกิดแรงบิดต่อวงล้ออย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ ต้องควบคู่ไปกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้สามารถตอบสนองการใช้งานในการปั่นล้อได้ ทั้งหมดนี้ถือเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการป้องกันและฟื้นฟูการบาดเจ็บจากการปั่นเก้าอี้ล้อที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม (Chaikhot et al., 2020)

การส่งเสริมกิจกรรมทางกายในผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ

เป็นที่ทราบกันดีว่า การมีกิจกรรมทางกาย (physical activity) เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอมีความสำคัญต่อสุขภาพของคนทุกเพศทุกวัยและทุกภาวะปัญหาสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มีรายงานว่าร้อยละ 88 ของผู้สูงอายุมีภาวะปัญหาสุขภาพเรื้อรังอย่างน้อย 1 ปัญหา ดังนั้น การมีกิจกรรมทางกายย่อมส่งผลดีต่อความสามารถในการเคลื่อนไหว เคลื่อนที่ การทำงาน การดูแลตนเอง ลดภาวะพึ่งพิง ลดภาวะทุพพลภาพ เพิ่มคุณภาพชีวิต ลดอัตราการตาย และยืดอายุไขให้ยาวนานขึ้น

การมีกิจกรรมทางกายเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ หมายถึง การมีกิจกรรมระดับความหนักปานกลาง นาน 30 นาที อย่างน้อย 5 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือ 150 นาทีต่อสัปดาห์ Hers et al. (2016) พบว่าผู้สูงอายุ สุขภาพดีและออกกำลังกายเป็นประจำมีค่าประสิทธิภาพเชิงกลขั้นต้นหรือ GE ในการปั่นล้อไม่แตกต่างจาก คนวัยหนุ่ม อย่างไรก็ตาม พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีกิจกรรมทางกายต่ำกว่าระดับที่ควรจะเป็นตามข้อแนะนำ ดังกล่าว มีเพียงร้อยละ 22 ของผู้สูงอายุทั้งหมด มีระดับกิจกรรมทางกายที่เหมาะสม และยิ่งลดต่ำลงเหลือ ร้อยละ 11 ในผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 85 ปี (Bull et al., 2020) ยิ่งกว่านั้น ผู้สูงอายุที่มีภาวะทุพพลภาพ หรือ มีการบาดเจ็บของรยางค์แขนและข้อไหล่ในผู้ใช้เก้าอี้ล้อ ยังเป็นข้อจำกัดต่อการมีกิจกรรมทางกายที่เหมาะสม ทำให้คนกลุ่มดังกล่าวมีกิจกรรมทางกายที่ต่ำมากและนำมาสู่ปัญหาสุขภาพที่ซับซ้อนกว่าผู้สูงอายุทั่วไป

การศึกษาในประเทศตะวันตกพบว่า ผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อมีกิจกรรมประจำวันในเก้าอี้ล้อระหว่าง 2.01 – 8.87 ชั่วโมงต่อวัน ระยะทางเฉลี่ยระหว่าง 1.36 – 2.45 กิโลเมตรต่อวัน (Tolerico et al., 2007) ขณะที่ ผู้ใช้เก้าอี้ล้อวัยหนุ่มสาวมีระยะทางเฉลี่ย 3.5 กิโลเมตรต่อวัน (Hoover et al., 2003) การมีกิจกรรมทางกาย ต่ำในกลุ่มผู้ใช้เก้าอี้ล้อมักมีสาเหตุหลักมาจากเทคนิคการปั่นเก้าอี้ล้อไม่มีประสิทธิภาพและมีการบาดเจ็บของ ข้อไหล่ นอกจากนี้ ยังถูกจำกัดด้วยสภาพแวดล้อม ภาวะอารมณ์ และสภาพจิตใจอีกด้วย (Karmarkar et al., 2010) ดังนั้น ผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อส่วนใหญ่จึงเป็นกลุ่มที่เฉื่อยชา (inactive) และเป็นประชากรที่มีภาวะ ถดถอยของร่างกาย (deconditioned populations) การศึกษาของ Van der Scheer และคณะในปีค.ศ 2015 พบว่ากลุ่มผู้ใช้เก้าอี้ล้อที่เฉื่อยชา จะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจน (aerobic capacity) ความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อค่อนข้างต่ำ และต้องพึ่งพาผู้ดูแลให้ช่วยเข็นเก้าอี้ล้อหรือช่วยเหลือในกิจกรรมประจำวัน ต่างๆ ตลอดเวลา ซึ่งจะนำไปสู่โรคเรื้อรังต่าง ๆ ที่พบได้บ่อย เช่น โรคกระดูกพรุน (osteoporosis) โรคหลอดเลือดแดงแข็งตัว (atherosclerosis) โรคเบาหวาน (diabetes) โรคอ้วน (obesity) เพื่อลดภาวะพึ่งพิงและลด ภาวะโรคแทรกซ้อน ดังนั้น ประชากรผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อจำเป็นต้องมีกิจกรรมทางกายมากยิ่งขึ้น ด้วยการ เพิ่มการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ด้วยกันปั่นล้อด้วยตนเองอย่างถูกต้องเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ผู้สูงอายุทั่วไปควรมีกิจกรรมทางกายระดับปานกลางอย่างน้อย 150 นาทีต่อ สัปดาห์ นอกจากนี้ มีข้อแนะนำสำหรับผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อที่มีภาวะไขสันหลังบาดเจ็บโดยเฉพาะว่าควรออก กกำลังกายในระดับปานกลาง - หนัก จำนวน 2 – 3 ครั้งต่อสัปดาห์จึงจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มกิจกรรมทาง กายและสมรรถภาพทางกาย ซึ่งจากข้อแนะนำดังกล่าวแทบจะไม่สามารถทำได้และเป็นไปได้ในผู้สูงอายุที่ใช้ เก้าอี้ล้อ ซึ่งมีภาวะร่างกายถดถอยและกล้ามเนื้ออ่อนแรง และมักมีโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ ร่วมด้วย ในทางทฤษฎี ประชากรกลุ่มนี้ควรถูกกระตุ้นให้มีความกระตือรือร้นให้มากที่สุดเท่าที่ร่างกายจะเอื้ออำนวย อย่างไรก็ตาม ระดับกิจกรรมทางกายที่หนักขึ้นอาจจะทำให้เกิดปัญหาการบาดเจ็บจากการใช้งานหนักเกินไปได้ (overloading injury) ดังนั้นในทางปฏิบัติ การออกกำลังกายในผู้สูงอายุกลุ่มประเภชานี้ต้องระมัดระวังเป็น พิเศษ และต้องคำนึงระดับการออกกำลังกายที่เหมาะสมเพื่อป้องกันหรือไม่ให้ร่างกายเกิดภาวะเครียด (physiological stress) มากเกินไป ในปัจจุบันยังไม่มีที่ทราบแน่ชัดว่า การออกกำลังกายแบบใดที่เหมาะสม ที่สุดในการส่งเสริมทั้งกิจกรรมทางกาย พัฒนาชีวกลศาสตร์การปั่นล้อ และการทำงานของรยางค์แขนและข้อ ไหล่ให้ดีขึ้น ในขณะเดียวกันก็ต้องมีความปลอดภัยและสามารถปฏิบัติได้ง่าย ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยด้าน ดังกล่าวนี้อย่างเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อให้มากยิ่งขึ้น

ในปัจจุบัน การออกกำลังกายร่างกายส่วนบน (upper body training) ได้รับความสนใจอย่างมากใน นักกีฬาที่ต้องการพักการใช้งานร่างกาย แต่ยังคงต้องการออกกำลังกายเพื่อรักษาระดับความสามารถของการ ใช้ออกซิเจนและสมรรถภาพทางกายไว้ (off-leg conditioning) ตัวอย่างการออกกำลังกายร่างกายส่วนบน ที่แพร่หลาย ได้แก่ การฝึกปั่นจักรยานมือ (handcycle training) การปั่นจักรยานด้วยแขน (arm crank training) การพายเรือ (rowing) และ/หรือ ร่วมกับการฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน (resistance

training) ในทำนองเดียวกัน การออกกำลังกายร่างกายส่วนบนจึงน่าจะเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมสมรรถภาพทางกายของผู้ใช้เก้าอี้ล้อได้ Chaikhot et al. (2020) พบว่าการปั่นจักรยานด้วยแขนแบบหนักสลับเบา (high intensity interval training, HIIT) ร่วมกับการฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสามารถเพิ่ม VO_{2peak} และ PO_{peak} ได้ แต่การฝึกดังกล่าวไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการปั่นเก้าอี้ล้อทั้งค่า GE และ FEF ดังนั้นกลุ่มผู้ใช้รายใหม่และกลุ่มที่ใช้มานาน ควรออกกำลังกายร่างกายส่วนบนที่ครอบคลุมการออกกำลังกาย 3 ประเภท ได้แก่ 1) การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (aerobic exercise) เช่น การปั่นจักรยานด้วยแขน 2) การออกกำลังกายด้วยแรงต้าน (resistance training) เพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อร่างกายส่วนบน และ 3) การฝึกทักษะการใช้เก้าอี้ล้อ เพื่อฝึกเทคนิคการปั่นล้อให้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะผู้ใช้เก้าอี้ล้อยายใหม่ อาจเพิ่มการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เก้าอี้ล้อร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายดังกล่าวในผู้สูงอายุต้องกระทำด้วยความระมัดระวังและอยู่ภายใต้การประเมินและดูแลจากผู้เชี่ยวชาญ

จากการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายด้วยแรงต้าน เป็นการเสริมสร้างความแข็งแรงและความทนทานให้กับกล้ามเนื้ออย่างคานและหัวไหล่ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (upper limb functionality) ส่งผลดีต่อการปั่นเก้าอี้ล้อและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ใช้เก้าอี้ล้อได้ (Willig, Garcia, da Silva, Corredeira, & Carvalho, 2022) การออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่แนะนำสำหรับผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อจะเน้นการฝึกกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการปั่นล้อ (ตารางที่ 1) โดยการออกกำลังกายประกอบด้วย 2 โปรแกรมคือ 1) โปรแกรมเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ทำงานด้วยแรงสูงสุดในระยะผลักแรง เช่น กล้ามเนื้อ supraspinatus และ pectoralis major เป็นต้น ด้วยการออกกำลังกายท่า shoulder external rotation ท่า shoulder diagonal extension with adduction ท่า pullover exercise และ ท่า push up เป็นต้น และ 2) โปรแกรมเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อที่ทำงานหลักในระยะปล่อยมือ เช่น กล้ามเนื้อ serratus anterior ด้วยการออกกำลังกายท่า dynamic hug และ ท่า scapular retraction เป็นต้น ตัวอย่างโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่มักแนะนำให้ผู้ใช้เก้าอี้ล้อมีดังต่อไปนี้ (Mulroy et al., 2011)

1) โปรแกรมเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ด้วยแผ่นยางยืด (resistive band) ที่แรงต้าน 8 RM (repetitive maximum) โดยแต่ละท่า ทำ 3 รอบ รอบละ 8 ครั้ง มีช่วงพักระหว่างรอบ 1 – 2 นาที

1.1) ท่า shoulder external rotation โดยติดตั้งแผ่นยางยืดที่ผนังในฝั่งตรงกันข้ามกับแขนด้านที่ต้องการออกกำลังกาย ที่ความสูงระดับข้อศอก

ท่าเริ่มต้น: นั่งบนเก้าอี้ล้อที่หันด้านข้างเข้าผนังหรือเสาที่ติดตั้งแผ่นยางยืด แขนท่อนบนแนบลำตัว ข้อศอก 90 องศา มือจับแผ่นยางยืดในลักษณะที่นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นด้านบน (ไม่คว่ำมือ)

ท่าสิ้นสุด: แขนท่อนล่างดึงแผ่นยางยืดออกไปด้านข้างให้ได้มากที่สุด โดยที่แขนท่อนบนยังแนบลำตัว

1.2) ท่า shoulder diagonal extension with adduction โดยติดตั้งแผ่นยางยืดเหนือศีรษะกับผนังหรือขอบประตู ในตำแหน่งเอียงไปด้านหลังและด้านข้างลำตัว

ท่าเริ่มต้น: นั่งบนเก้าอี้ล้อที่หันด้านหลังเข้าผนังหรือขอบประตูที่ติดตั้งแผ่นยางยืด ยกแขนขึ้นเพื่อจับแผ่นยางยืดที่อยู่เหนือศีรษะ ทำมุมกับพื้นประมาณ 160 องศา มือจับปลายแผ่นยางยืดในลักษณะคว่ำมือ

ท่าสิ้นสุด: ดึงแผ่นยางยืดลงมาในลักษณะทแยงไปสะโพกฝั่งตรงกันข้าม ในลักษณะคว่ำมือ

2) โปรแกรมเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ ที่แรงต้าน 15 RM โดยแต่ละท่า ทำ 3 รอบ รอบละ 15 ครั้ง มีช่วงพักระหว่างรอบ 1 – 2 นาที

2.1) ท่า dynamic hug โดยติดตั้งแผ่นยางยืดทางด้านหลังสูงระดับสะบัก

ท่าเริ่มต้น: นั่งบนเก้าอี้ล้อ งอศอกทั้งสองข้าง 45 องศา กางแขนทั้งสองข้าง 60 องศา หมุนไหล่ทั้งสองข้างเข้าด้านใน 45 องศา มือทั้งสองข้างจับปลายแผ่นยางยืดในลักษณะคว่ำมือ

ท่าสิ้นสุด: เคลื่อนมือทั้งสองข้างเข้าสัมผัสกันด้านแรงหนีตัวของแผ่นยางยืด ในลักษณะท่าโอบกอด

2.2) ท่า scapular retraction โดยติดตั้งแผ่นยางยืดทางด้านหน้าที่ผนัง ในตำแหน่งกึ่งกลางลำตัว ที่ความสูงระดับข้อศอก

ท่าเริ่มต้น: นั่งบนเก้าอี้ล้อ หันหน้าเข้าหาผนังหรือเสา แขนท่อนบนแนบลำตัว งอศอก 90 องศา มือทั้งสองข้างจับปลายแผ่นยางยืด

ท่าสิ้นสุด: ดึงข้อศอกไปด้านหลังต้านแรงหนีตัวของแผ่นยางยืด

การออกกำลังกายด้วยแรงต้านควรทำอย่างสม่ำเสมอ จำนวน 2 – 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ท่าออกกำลังกายอื่นที่มักแนะนำให้ปฏิบัติ ได้แก่ serratus anterior punch, shoulder elevation in scapular plane, reverse flies, lateral raise, latissimus pull-down และ biceps curl เป็นต้น (Willig et al., 2022)

นอกจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และการออกกำลังกายด้วยแรงต้านแล้ว การฝึกทักษะการใช้เก้าอี้ล้อ (wheelchair skill training) มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผู้ใช้เก้าอี้ล้อรายใหม่ เพื่อสร้างความมั่นใจในการปั่นล้อ และยังมีหลักฐานพบว่า การฝึกทักษะการใช้เก้าอี้ล้อสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายและความสามารถในการใช้เก้าอี้ล้อได้

บทสรุป

แม้ว่าผู้สูงอายุจะเป็นประชากรที่มีการใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือนามากที่สุด แต่ดูเหมือนการศึกษาวัยส่วนใหญ่ยังทำในประชากรที่มีอายุค่อนข้างอายุน้อยที่มีภาวะไขสันหลังบาดเจ็บ ทำให้ขาดข้อมูลและความเข้าใจอีกมากเกี่ยวกับผลของการถดถอยตามวัยด้านต่าง ๆ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของการปั่นเก้าอี้ล้อ ข้อมูลในปัจจุบันได้ชี้ให้เราเห็นว่า

1) ผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อมีประสิทธิภาพเชิงกลของการปั่นล้อต่ำ ซึ่งเห็นได้จากการออกแรงผลักล้อที่มากกว่าคนหนุ่มสาวในการปั่นล้อที่ระดับกิจกรรมเดียวกัน

2) ผู้สูงอายุมีความเร็วปกติในการปั่นล้อลดลง ความถี่ของการผลักล้อสูงขึ้น ซึ่งเป็นรูปแบบการปั่นล้อที่ใช้พลังงานมาก ซึ่งจะนำไปสู่การบาดเจ็บจากการใช้งานที่มากเกินไปได้ง่าย

3) ผู้สูงอายุอาจใช้กล้ามเนื้อขณะปั่นเก้าอี้ล้อแตกต่างจากคนหนุ่มสาว เนื่องจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้ามเนื้อหลักในการปั่นล้อเช่น กล้ามเนื้อ supraspinatus กล้ามเนื้อ pectoralis major และกล้ามเนื้อ serratus anterior เป็นต้น

นอกจากนี้ กลุ่มผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อมักเฉื่อยชา โดยมีสาเหตุมาจากด้านร่างกายที่อ่อนกำลังและการบาดเจ็บ ซึ่งจะนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ และต้องพึ่งพาญาติหรือผู้ดูแลให้ช่วยขึ้นเก้าอี้ล้อหรือช่วยเหลือในกิจวัตรประจำวันต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อลดภาวะพึ่งพิง ลดภาวะแทรกซ้อน และเพิ่มคุณภาพชีวิต จึงจำเป็นต้องส่งเสริมให้ประชากรผู้สูงอายุกลุ่มนี้เคลื่อนที่และเคลื่อนไหวมากยิ่งขึ้น ด้วยการปั่นเก้าอี้ล้อด้วยตนเองและออกกำลังกายอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการปั่นเก้าอี้ล้อในผู้สูงอายุยังต้องการการศึกษาวัยอีกมาก ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายขององค์การอนามัยโลกที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาวัยเพื่อส่งเสริมการเคลื่อนไหวและเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับผู้พิการและผู้สูงอายุ โดยเฉพาะกลุ่มที่ต้องใช้และต้องการใช้

เก้าอี้ล้อในชีวิตรประจำวัน (World Health Organization, 2017) ความเข้าใจที่มากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการใช้เก้าอี้ล้อทั้งด้านชีวกลศาสตร์และลักษณะของการปั่นล้อที่พบในผู้สูงอายุ จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ทางคลินิกในการออกแบบ เลือกรูปแบบเก้าอี้ล้อให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ รวมทั้งโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกาย เพิ่มประสิทธิภาพและทักษะในการปั่นล้อ ซึ่งจะนำไปสู่การป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นได้บ่อย การเพิ่มคุณภาพชีวิต และลดอัตราการตายในผู้สูงอายุได้

การประยุกต์ใช้ทางคลินิก

บทความนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาการบาดเจ็บรยางค์แขนและหัวไหล่ ซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพเชิงกลของการปั่นล้อย่ำ ความถดถอยทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของกล้ามเนื้อ รวมทั้งความสำคัญของการมีกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมในผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อ โดยสามารถสรุปผลเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ทางคลินิกได้ดังนี้

1) การลดการหมุนเข้าด้านในและทางออกของข้อไหล่ระหว่างการปั่นเก้าอี้ล้อ ด้วยการหลีกเลี่ยงการใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือที่มีขนาดใหญ่ รัศมีด้านข้างกว้าง สามารถช่วยป้องกันการบาดเจ็บของข้อไหล่ในผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อแบบปั่นมือ

2) การฝึกการออกกำลังกายร่างกายส่วนบนในผู้สูงอายุที่ใช้เก้าอี้ล้อมีความสำคัญอย่างยิ่ง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงกลของการปั่นล้อ เพิ่มกิจกรรมทางกาย พัฒนาสมรรถภาพทางกาย ซึ่งจะนำไปสู่การป้องกันและลดอาการบาดเจ็บ

3) การออกกำลังกายควรประกอบด้วย 3 รูปแบบ ได้แก่ การออกกำลังกายแบบแอโรบิก การออกกำลังกายด้วยแรงต้าน และการฝึกทักษะการใช้เก้าอี้ล้อ และต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังและอยู่ภายใต้การประเมินและดูแลจากผู้เชี่ยวชาญ

4) การออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีผลการวิจัยยืนยันประสิทธิภาพ ที่แนะนำสำหรับผู้สูงอายุ เช่น การปั่นจักรยานแขน

5) โปรแกรมการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน มีความสำคัญอย่างมากเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการปั่นเก้าอี้ล้อ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ supraspinatus และ pectoralis major และเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อที่ทำงานหลักในระยะปล่อยมือ เช่น กล้ามเนื้อ serratus anterior เป็นต้น

6) การฝึกทักษะการใช้เก้าอี้ล้อ ควรเน้นให้ผู้สูงอายุออกแรงผลักในแนวเส้นสัมผัสให้มากที่สุด เพิ่มระยะเวลาการผลักวงล้อยาวนานขึ้น ลดความถี่ของการผลักให้น้อยลง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงกลของการปั่นล้อ และลดความเครียดที่จะเกิดขึ้นต่อกล้ามเนื้อแขนและหัวไหล่

7) การดูแลเก้าอี้ล้อให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและพร้อมใช้สามารถลดพลังงานในการปั่นล้อและลดความเครียดที่เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อและข้อต่อ

.....

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. (2564). รายงานข้อมูลสถานการณ์ด้านคนพิการในประเทศไทย. สืบค้นจาก https://dep.go.th/images/uploads/files/Situation_dep64.pdf
- นราพงศ์ ช่วยชัย, อนันตกุล อินทรผดุง, ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน, และดุชนี ศุภวรรณะกุล. (2564). การศึกษาสภาพปัญหาของผู้ใช้วีลแชร์ในจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 39(2), 60-71.
- Akbar, M., Penzkofer, S., Weber, M. A., Bruckner, T., Winterstein, M., & Jung, M. (2014). Prevalence of carpal tunnel syndrome and wrist osteoarthritis in long-term paraplegic patients compared with controls. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 39(2), 132-138.
- Bohannon, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing*, 26(1), 15-19.
- Boninger, M. L., Dicianno, B. E., Cooper, R. A., Towers, J. D., Koontz, A. M., & Souza, A. L. (2003). Shoulder magnetic resonance imaging abnormalities, wheelchair propulsion, and gender. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(11), 1615-1620.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., ... & Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462.
- Chaikhot, D., Reed, K., Petroongrad, W., Athanasiou, F., van Kooten, D., & Hettinga, F. J. (2020). Effects of an upper-body training program involving resistance exercise and high-intensity arm cranking on peak handcycling performance and wheelchair propulsion efficiency in able-bodied men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(8), 2267-2275.
- Cowan, R. E., Nash, M. S., Collinger, J. L., Koontz, A. M., & Boninger, M. L. (2009). Impact of surface type, wheelchair weight, and axle position on wheelchair propulsion by novice older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(7), 1076-1083.
- Dysterheft, J. L., Rice, I. M., & Rice, L. A. (2015). Influence of Handrim Wheelchair Propulsion Training in Adolescent Wheelchair Users: A pilot study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 3(1), 68.
- Ganesh, S., Hayter, A., Kim, J., Sanford, J., Sprigle, S., & Hoenig, H. (2007). Wheelchair use by veterans newly prescribed a manual wheelchair. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(4), 434-439.
- Hers, N., Sawatzky, B.J., Sheel, A.W. (2016). Age-related changes to wheelchair efficiency and sprint power output in novice able-bodied males. *Ergonomics*. 59(2), 291-297.

- Hinrichs, T., Lay, V., Arnet, U., Eriks-Hoogland, I., Koch, H. G., Rantanen, T., ... & Brinkhof, M. W. (2016). Age-related variation in mobility independence among wheelchair users with spinal cord injury: A cross-sectional study. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 39(2), 180-189.
- Hoenig, H., Morgan, M., Montgomery, C., Landerman, L. R., & Caves, K. (2015). One Size Does Not Fit All—Mobility Device Type Affects Speed, Collisions, Fatigue, and Pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(3), 489-497.
- Hoover, A., Cooper, R., Dan, D., Dvorsnak, M., Cooper, R., Fitzgerald, S., & Boninger, M. (2003). Comparing driving habits of wheelchair users: Manual versus power. In *Proceedings of the Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America (RESNA) 26th International Conference on Technology & Disability: Research, Design, Practice, and Policy*. (pp.19-23). Atlanta, USA.
- Karmarkar, A. M., Collins, D. M., Kelleher, A., & Cooper, R. A. (2009). Satisfaction related to wheelchair use in older adults in both nursing homes and community dwelling. *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*, 4(5), 337-343.
- Karmarkar, A. M., Collins, D. M., Kelleher, A., Ding, D., Oyster, M., & Cooper, R. A. (2010). Manual wheelchair-related mobility characteristics of older adults in nursing homes. *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*, 5(6), 428-437.
- Mulroy, S. J., Thompson, L., Kemp, B., Hatchett, P. P., Newsam, C. J., Lupold, D. G., & Gordon, J. (2011). Strengthening and optimal movements for painful shoulders (STOMPS) in chronic spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 91(3), 305-324.
- Putthinoi, S., Lersilp, S., & Chakpitak, N. (2017). Home features and assistive technology for the home-bound elderly in a Thai suburban community by applying the international classification of functioning, disability, and health. *Journal of Aging Research*, 2017, 1-9. <http://doi: 10.1155/2017/2865960>
- Requejo, P. S., Furumasu, J., & Mulroy, S. J. (2015). Evidence-Based Strategies for Preserving Mobility for Elderly and Aging Manual Wheelchair Users. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 31(1), 26-41.
- Richter, W. M., Rodriguez, R., Woods, K. R., & Axelson, P. W. (2007). Stroke pattern and handrim biomechanics for level and uphill wheelchair propulsion at self-selected speeds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(1), 81-87.
- Sonenblum, S. E., Sprigle, S., & Lopez, R. A. (2012). Manual wheelchair use: bouts of mobility in everyday life. *Rehabilitation Research and Practice*, 2012(753165), 1-7. <https://doi.org/10.1155/2012/753165>
- Steffen, T. M., Hacker, T. A., & Mollinger, L. (2002). Age-and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Physical Therapy*, 82(2), 128-137.

- Tolerico, M. L., Ding, D., Cooper, R. A., Spaeth, D. M., Fitzgerald, S. G., Cooper, R. & Boninger, M. L. (2007). Assessing mobility characteristics and activity levels of manual wheelchair users. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 44(4), 561-571.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2020). World Population Ageing 2020 Highlights: Living arrangements of older persons (ST/ESA/SER.A/451). Retrieved from https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesa_pd2020_world_population_ageing_highlights.pdf
- Vasquez, S. G., D’Innocenzo, M. E., Pearlman, J., Zigler, C., Mendez, Y. G., Rozen, P. & Praptoraharjo, I. (2020). Wheelchair user’s voice: a pilot study in Indonesia. *bioRxiv*. [pre-print] doi: <https://doi.org/10.1101/2020.01.16.908772>. T
- Van der Scheer, J., de Groot, S., Tepper, M., Gobets, D., Veeger, D., & van der Woude, L. (2015). Wheelchair-specific fitness of inactive people with long-term spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 47(4), 330-337.
- Van Drongelen, S., van der Woude, L. H., Janssen, T. W., Angenot, E. L., Chadwick, E. K., & Veeger, D. H. (2005). Glenohumeral contact forces and muscle forces evaluated in wheelchair-related activities of daily living in able-bodied subjects versus subjects with paraplegia and tetraplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(7), 1434-1440.
- Veeger, H., van der Woude, L., & Rozendal, R. (1991). A computerized wheelchair ergometer. Results of a comparison study. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 24(1), 17-23.
- Willig, R. M., Garcia, I., da Silva, N. S. L., Corredeira, R., & Carvalho, J. (2022). The effectiveness of community-based upper body exercise programs in persons with chronic paraplegia and manual wheelchair users: A systematic review. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 45(1), 24-32.
- World Health Organization. (2017). *Global priority research agenda for improving access to high-quality affordable assistive technology*. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254660/WHO-EMP-IAU-2017.02-eng.pdf?sequence=1>

