

การทบทวนวรรณกรรมแบบบรรยายเรื่องประสิทธิผลของแมกนีเซียมต่อความทนทาน ในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

ปริญมน สมิหลัง^{1*} ธรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ¹

บทคัดย่อ

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบมักเผชิญปัญหาความทนทานในการออกกำลังกายลดลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อตรงต่อการพยากรณ์โรคและคุณภาพชีวิต อย่างไรก็ตาม ปัญหาข้อจำกัดในการเข้าถึงโปรแกรมฟื้นฟูสุขภาพหัวใจ ส่งผลให้การใช้อาหารเสริมกลายเป็นทางเลือกที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการรักษา โดยเฉพาะ 'แมกนีเซียม' ซึ่งมีกลไกช่วยเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายผ่านการส่งเสริมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบเผาผลาญพลังงาน และระบบกล้ามเนื้อการทบทวนวรรณกรรมฉบับนี้ศึกษาผลของแมกนีเซียมชนิดรับประทานต่อความทนทานในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบรวมถึงผู้ที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วม โดยรวบรวมการศึกษาในมนุษย์จำนวน 9 การศึกษา ระหว่างปี ค.ศ. 1996–2026 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงพรรณนา

ผลการศึกษาพบว่าแมกนีเซียมช่วยเพิ่มระยะเวลาในการออกกำลังกาย, ระยะทางที่เดินได้, VO2max และ METs รวมถึงพัฒนาการทำงานของเยื่อหุ้มหลอดเลือด เพิ่มค่าการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย (LVEF) ลดภาวะคลื่นไฟฟ้าหัวใจช่วง ST ยกด่าง (ST-Segment Depression) และลดภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะอย่างมีนัยสำคัญ ใน 2 การศึกษาที่ประเมินคุณภาพชีวิต พบว่าแมกนีเซียมช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะหัวใจล้มเหลว จากแบบประเมิน European Organisation for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire-Core 30 (EORTC QLQ-C30) และ Seattle Angina Questionnaire แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวจากแบบประเมิน Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (LHFQ) ผลข้างเคียงที่พบส่วนใหญ่เป็นอาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น ปวดท้องและท้องเสีย จึงอาจกล่าวได้ว่าแมกนีเซียมอาจช่วยเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายและคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วม

คำสำคัญ: โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ, ภาวะหัวใจล้มเหลว, แมกนีเซียม, ความทนทานในการออกกำลังกาย

¹วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

*ผู้ประสานงานบรรณกิจ e-mail: Parischamon.sa@gmail.com

Received: 11 April 2026

Revised: 28 May 2026

Accepted: 29 May 2026

The Effects of Magnesium Supplementation on Exercise Tolerance in Patients with Coronary Artery Disease: A Narrative Review

Parischamon Samilang^{1*} Thunnawat Wattanaseth¹

Abstract

Patients with coronary artery disease commonly experience reduced exercise tolerance, which directly impacts both prognosis and quality of life. However, limited access to cardiac rehabilitation programs has led to the increasing use of dietary supplementation as an alternative therapeutic approach. Among these, magnesium has emerged as a particularly important adjunct, as it enhances exercise tolerance through multiple physiological mechanisms, including the improvement of cardiovascular function, energy metabolism, and muscular system performance. This narrative review included nine human studies published between 1996 and 2026 evaluating oral magnesium supplementation in CAD patients, including those with concomitant heart failure. Data were analyzed by descriptive content analysis.

The study found that magnesium supplementation significantly improved exercise duration, walking distance, VO₂max, and METs. It also enhanced endothelial function and increased left ventricular ejection fraction (LVEF). In addition, it significantly reduced ST-segment depression and the incidence of cardiac arrhythmias. Among the nine studies, two assessed quality of life outcomes. Magnesium supplementation improved quality of life in CAD patients without heart failure, as measured by the European Organisation for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire-Core 30 (EORTC QLQ-C30) and the Seattle Angina Questionnaire. However, no significant improvement was observed in patients with concomitant heart failure, as assessed by the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (LHFQ). Reported adverse effects were mainly gastrointestinal symptoms, including abdominal pain and diarrhea. Overall, oral magnesium supplementation may improve exercise tolerance and quality of life in CAD patients, however, further studies are needed, particularly in patients with concomitant heart failure.

Keywords: Coronary artery disease, Heart Failure, Magnesium, Exercise tolerance

¹Department of Anti-Aging and Regenerative Medicine, College of Integrative Medicine Dhurakij Pundit University

*Corresponding author e-mail: Parischamon.sa@gmail.com

บทนำ

โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (Coronary Artery Disease; CAD) เป็นสาเหตุสำคัญของการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตทั่วโลก¹ ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญของโรคนี้คือ ภาวะหัวใจล้มเหลว (Congestive Heart Failure) ทั้งโรคหลอดเลือดหัวใจตีบและภาวะหัวใจล้มเหลวล้วนก่อให้เกิดภาวะความทนทานในการออกกำลังกายลดลง (Exercise Intolerance) ความทนทานในการออกกำลังกายที่ลดลงในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบเกิดจากการไหลเวียนเลือดและแก๊สออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อหัวใจไม่เพียงพอในขณะที่มีการออกกำลังกาย² และเมื่อผู้ป่วยมีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วมด้วย ความสามารถในการสูดเลือดของกล้ามเนื้อหัวใจที่ลดลงจึงส่งผลให้ความทนทานในการออกกำลังกายยิ่งลดลงตามไปด้วย³ ความทนทานในการออกกำลังกาย (Exercise Tolerance) คือ ความสามารถสูงสุดในการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจนที่ร่างกายสามารถทนได้โดยไม่มีอาการผิดปกติ เช่น เจ็บหน้าอกหรือเหนื่อยและยังแสดงถึงความสามารถในการดูดซึมแก๊สออกซิเจนของร่างกายโดยวัดจากปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายใช้ได้ระหว่างออกกำลังกาย ($VO_2 \text{ max}$)⁴

การประเมินความทนทานในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและความพร้อมของเครื่องมือ โดยวิธีที่เป็นมาตรฐานในการทดสอบ ได้แก่ การทดสอบสมรรถภาพหัวใจและปอด (Cardiopulmonary Exercise Testing; CPET) การทดสอบสมรรถภาพหัวใจขณะออกกำลังกาย (Exercise Tolerance Test; ETT) และการทดสอบเดิน 6 นาที (6-Minute Walk Test; 6MWT)⁵ ซึ่ง CPET ถือเป็นมาตรฐานสูงสุดเนื่องจากสามารถประเมินการทำงานร่วมกันของระบบหัวใจ ปอด และกล้ามเนื้อระหว่างออกกำลังกายได้อย่างละเอียด โดยมีตัวชี้วัดสำคัญ เช่น ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \text{ max}$) แต่มีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายและต้องใช้บุคลากรเฉพาะทาง⁶ ขณะที่ ETT เป็นวิธีที่นิยมใช้ในทางคลินิก เนื่องจากสะดวกและต้นทุนต่ำ โดยประเมินจากระยะเวลาการออกกำลังกายระดับความหนัก เช่น ค่า Metabolic equivalents (METs) ซึ่งคือปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้งานขณะพัก โดย 1 MET มีค่าเท่ากับ 3.5 มิลลิลิตรของออกซิเจนต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อนาที และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ⁷ ส่วน 6MWT เป็นการประเมินจากระยะทางที่ผู้ป่วยสามารถเดินได้ภายใน 6 นาที ซึ่งสะท้อนความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันและมีความสัมพันธ์กับการพยากรณ์โรคแต่ไม่สามารถวัดกลไกทางสรีรวิทยาได้โดยตรง⁸ โดยปกติแล้วระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบหายใจ ระบบเผาผลาญ ระบบโลหิต ระบบกล้ามเนื้อ และระบบระบบประสาทจิตวิทยาจะทำงานร่วมกันเพื่อให้มีความทนทานในการออกกำลังกายที่ปกติ⁹

ความทนทานในการออกกำลังกายสามารถใช้ในการบอกความรุนแรงของโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ⁹ มีความสัมพันธ์กับระดับการทำงานของหัวใจที่เริ่มผิดปกติ¹⁰ และพยากรณ์โรคระยะยาว โดยความทนทานในการออกกำลังกายที่เพิ่มทุกๆ 1 METs จะสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่ลดลง 13-14%¹¹ และในผู้ป่วยที่มี

ความทนทานในการออกกำลังกายดีกว่าจะมีคะแนนคุณภาพชีวิตทั้งด้านร่างกายและจิตใจสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ¹² ด้วยเหตุนี้จึงใช้ความทนทานในการออกกำลังกายช่วยในการวางแผนการรักษา ร่วมกับการใช้ยา

ในการรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจผู้ป่วยจะต้องเข้าร่วมโปรแกรมฟื้นฟูสุขภาพหัวใจซึ่งใช้ในการรักษา ระยะยาวเพื่อป้องกันการกลับเป็นซ้ำของโรคหัวใจเพิ่มคุณภาพชีวิตและลดการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลในโปรแกรมจะประกอบด้วยการออกแบบการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย การให้ข้อมูลความรู้และให้คำปรึกษาแตกต่างจากการศึกษาภาคตัดขวาง (Cross Sectional Study) ในผู้ป่วยโรคหัวใจที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลจำนวน 1,809 รายในรัฐออนแทรีโอ (Ontario) ประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าผู้ป่วยที่อาศัยอยู่ในแถบชนบทและผู้ป่วยที่มีเศรษฐกิจต่ำกว่าจะเข้าถึงการรักษา โดยใช้โปรแกรมฟื้นฟูสุขภาพหัวใจมากกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองและผู้ที่มีเศรษฐกิจสูงกว่า¹³ ส่งผลให้เกิดความสนใจในการหาวิธีที่จะสามารถช่วยเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายเพิ่มเติม

แมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุที่มีบทบาทต่อการทำงานหลายระบบในร่างกาย โดยทำหน้าที่เป็น ตัวประกอบร่วม (Cofactor) ของเอนไซม์จำนวนมาก การสังเคราะห์สารพันธุกรรม และการเผาผลาญ สารอาหาร¹⁴ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดผ่านการรักษาสมดุล ของแคลเซียม ส่งผลต่อการหดและคลายตัวของหลอดเลือด ช่วยในการทำงานของเยื่อหุ้มหลอดเลือด และการเต้นของหัวใจ¹⁵ แมกนีเซียมยังมีส่วนสำคัญในการสร้างและใช้พลังงานในรูปอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate; ATP) การหดคลายและการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งล้วนเป็นระบบ ที่ส่งผลต่อความทนทานในการออกกำลังกาย¹⁴ ทั้งนี้การทบทวนวรรณกรรมแบบบรรยาย เกี่ยวกับการเสริม แมกนีเซียมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบและผู้มีความเสี่ยงเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบในปี ค.ศ. 2003¹⁶ และ 2009¹⁷ พบว่าการให้แมกนีเซียมสามารถเพิ่มความทนต่อการออกกำลังกายได้ในผู้ป่วย โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ ซึ่งการทบทวนวรรณกรรมทั้งสองฉบับจัดทำมากกว่า 15 ปี ปัจจุบันอาจมีข้อ ค้นพบทางวิชาการเพิ่มเติม ทางผู้วิจัยจึงสนใจทำการทบทวนวรรณกรรมแบบบรรยายเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน โดยมีขอบเขตการวิจัยคือทำการทบทวนวรรณกรรมแบบบรรยายเพื่อประเมินผลของการเสริม แมกนีเซียมต่อความทนทานในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว เนื่องจากภาวะหัวใจล้มเหลวเป็นภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นได้ในผู้ป่วย โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

วิธีดำเนินงานวิจัย

การคัดกรองและการสกัดข้อมูล (Study selection and data extraction)

การทบทวนวรรณกรรมฉบับนี้ใช้แหล่งการสืบค้นภายใต้ฐานข้อมูลของ PubMed, Google Scholar และ ScienceDirect โดยคำสำคัญ (Keywords) ที่ใช้สืบค้นข้อมูล ประกอบด้วยคำว่า “Magnesium”

(หรือ “Magnesium supplementation”) และ “Exercise tolerance” (หรือ “Exercise capacity”) และ “Coronary artery disease” (หรือ “Heart failure”)

จากการสืบค้นจาก 3 ฐานข้อมูล พบบงานวิจัยทั้งหมด 525 การศึกษา ประกอบด้วย Pubmed จำนวน 13 การศึกษา ScienceDirect 120 การศึกษา และ Google Scholar 392 การศึกษา ผู้วิจัยได้คัดบทความที่ซ้ำกัน และบทความที่ไม่เกี่ยวข้องเบื้องต้นจากการอ่านบทคัดย่อออก เหลือทั้งหมด 33 การศึกษา เมื่อนำมาพิจารณาบทความที่ไม่ตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกการศึกษาละเอียด จะเหลือการศึกษาทั้งหมด 9 การศึกษา

บทความประเภทการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Review) หรือบทความปริทัศน์ (Review Article) ไม่ได้ถูกตัดออกจากการศึกษาแต่จะใช้เพื่อสนับสนุนข้อมูลพื้นฐานและกลไกที่เกี่ยวข้องเท่านั้น และจะไม่ใช้เป็นแหล่งข้อมูลหลักในการสังเคราะห์ผลลัพธ์ เพื่อหลีกเลี่ยงความซ้ำซ้อนของข้อมูลจากงานวิจัยต้นฉบับ เนื่องจากงานวิจัยที่ศึกษาเฉพาะผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วมโดยตรงยังมีจำกัด จึงรวบรวมการศึกษาที่ทำในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวและจะรายงานสัดส่วนของผู้เข้าร่วมการศึกษาที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวจากโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

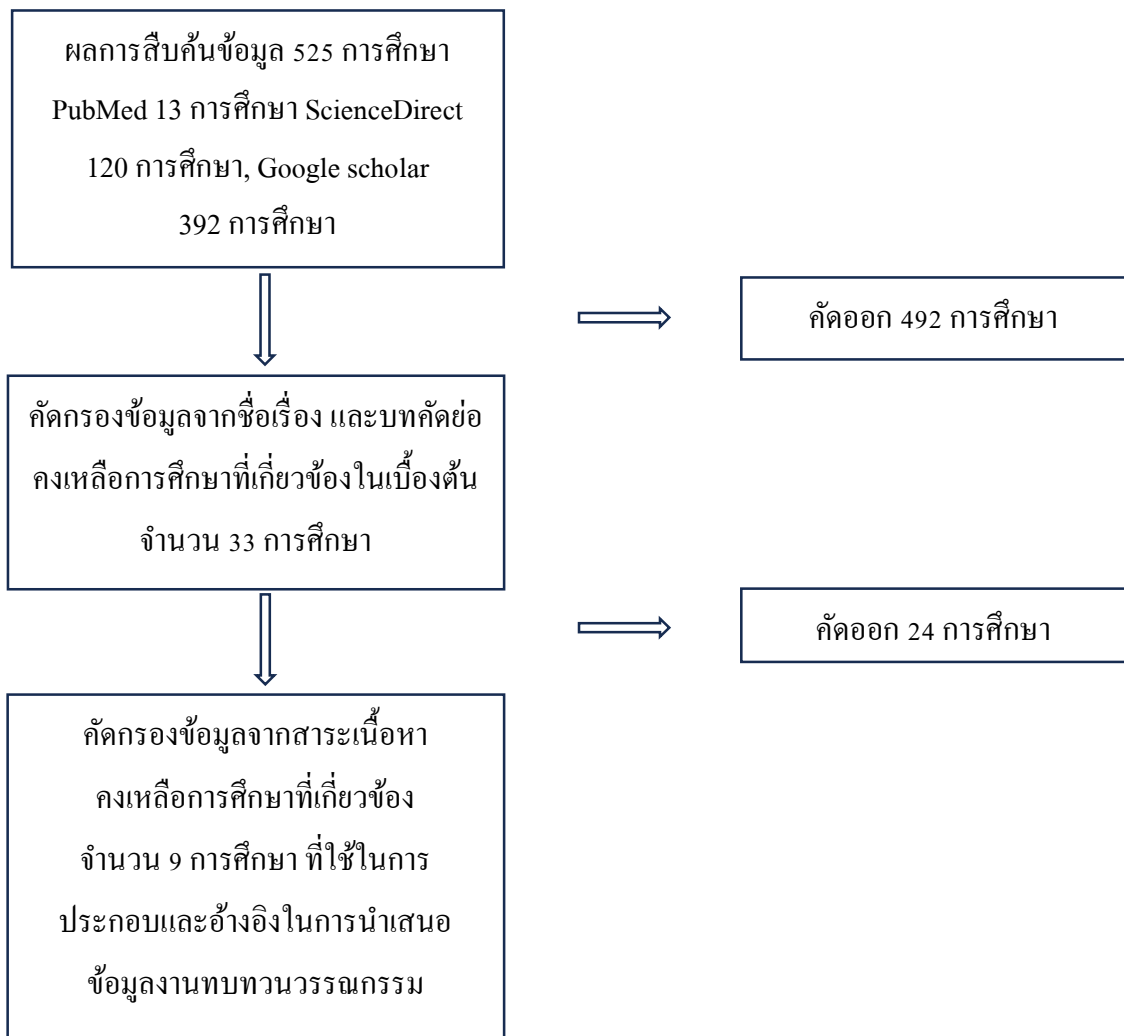
เกณฑ์คัดเลือกรงานวิจัยเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

คัดเลือกรงานวิจัยที่มีลักษณะดังนี้

1. เป็นการศึกษาในมนุษย์ที่ศึกษาในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ หรือผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว
2. เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมแมกนีเซียมในรูปแบบรับประทาน
3. รายงานผลลัพธ์เกี่ยวกับความทนทานในการออกกำลังกาย ซึ่งประเมินด้วยวิธีมาตรฐาน คือ การทดสอบสมรรถภาพหัวใจขณะออกกำลังกาย (Exercise Stress Test; ETT), การทดสอบสมรรถภาพหัวใจและปอดขณะออกกำลังกาย (Cardiopulmonary Exercise Testing; CPET) และการทดสอบเดิน 6 นาที (6-Minute Walk Test; 6MWT)
4. เป็นบทความวิจัยต้นฉบับที่ผ่านการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ
5. การศึกษาที่ตีพิมพ์ในช่วงปี ค.ศ. 1996-2026 เพื่อให้ครอบคลุมช่วงที่เริ่มมีการศึกษาในเรื่องนี้และการเปลี่ยนแปลงของวิธีการทดสอบในแต่ละยุคสมัย

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

1. งานวิจัยที่ระบุผู้ป่วยที่อยู่ในระยะเฉียบพลันและภาวะวิกฤต
2. งานวิจัยที่มีข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ผลลัพธ์
3. บทความที่ไม่ได้ตีพิมพ์เป็นภาษาอังกฤษ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผลการศึกษา

1. ประสิทธิภาพของการเสริมแมกนีเซียมต่อความทนทานในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

จากการทบทวนวรรณกรรมในทศวรรษที่ผ่านมาพบว่าการศึกษามากมายยังอ้างถึงการศึกษที่เป็น การทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized Controlled Trial: RCT) ที่ดำเนินการในช่วงปี ค.ศ. 1998–2006 จำนวน 4 การศึกษา¹⁸⁻²¹ ซึ่งรายงานผลไปในทิศทางที่สอดคล้องกันว่า การเสริมแมกนีเซียม สามารถเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเสริมแมกนีเซียมมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการออกกำลังกายจากการทดสอบด้วย ETT¹⁸⁻²⁰ และ VO₂ max รวมถึงการเพิ่มของกำลังงาน (Power Output) ที่จุดเปลี่ยนของแลคเตตระดับที่ 2 (Lactate Turn Point 2) และกำลังงานสูงสุด (Pmax) อย่างมีนัยสำคัญ²¹

สำหรับการศึกษาที่ดำเนินการในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เป็นการศึกษาแบบ RCT พบว่ามีการเพิ่มขึ้น ของความทนทานในการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน จากการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการ ออกกำลังกายและ METs เพิ่มจากประมาณ 4.8 เป็น 6.5 METs²²

ขนาดของผลลัพธ์ (Effect Size) ที่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบยังมีขนาดเล็ก โดยระยะเวลาในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นประมาณ 1-5 นาที^{18,20,22} และค่าVO₂max มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 2 ml/kg/min²¹

การศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบมีการใช้แมกนีเซียมโอโรเตต (Magnesium Orotate)^{18,22} แมกนีเซียมซิเตรต (Magnesium Citrate) ร่วมกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Potassium Hydrogen Carbonate)^{20,21} และแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium Oxide) ร่วมกับแมกนีเซียมคาร์บอเนต (Magnesium Carbonate)¹⁹ แมกนีเซียมโอโรเตตถูกใช้ในสองลักษณะ คือ ให้ขนาดเท่ากันทุกวัน และให้ในขนาดเริ่มต้น (Loading Dose) ก่อนปรับเป็นขนาดยาที่ให้ต่อเนื่อง (Maintenance Dose)^{18,22} โดยให้ปริมาณแมกนีเซียมบริสุทธิ์ ประมาณ 65.6–196.8 มิลลิกรัมต่อวัน ในระยะเวลา 1-3 เดือน ส่วนแมกนีเซียมซิเตรต ร่วมกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Potassium Hydrogen Carbonate) และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับแมกนีเซียมคาร์บอเนต ใช้ในขนาด 15 mmol วันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 6 เดือน ให้แมกนีเซียมบริสุทธิ์ 365 มิลลิกรัมต่อวัน^{19,20,21} ขนาดแมกนีเซียมบริสุทธิ์ที่ใช้บ่อยที่สุดคือ 365 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน^{19,20,21}

2. ประสิทธิภาพของการเสริมแมกนีเซียมต่อความทนทานในการออกกำลังกายในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว

การศึกษาแบบ RCT ในปี 2006 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของระยะทางที่เดินได้ใน การทดสอบ 6MWT หลังการเสริมแมกนีเซียม²³ อย่างไรก็ตาม การศึกษาแบบก่อนและหลังการรักษา (Before–After Studies)²⁴ การศึกษาเชิงปฏิบัติ (Pragmatic Clinical Trial)²⁵ และหลักฐานจากการศึกษาแบบ RCT²⁶ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาแสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่แตกต่างออกไป โดยพบว่าการเสริมแมกนีเซียม ช่วยเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายจากการพบการเพิ่มขึ้นของระยะทางที่เดินได้ใน 6MWT^{24,25} และระยะทางที่ออกกำลังกายใน ETT²⁶ อย่างมีนัยสำคัญ ขนาดของผลลัพธ์ที่พบในการศึกษาช่วง ทศวรรษที่ผ่านมายังมีขนาดเล็ก คือ การเปลี่ยนแปลงของระยะทางที่เดินได้ใน 6MWT นั้นอยู่ระหว่าง 80-200 เมตร^{24,25} และการเปลี่ยนแปลงของระยะทางที่เดินได้ใน ETT อยู่ที่ประมาณ 40 เมตร²⁶ ในผู้ป่วยที่มี ภาวะหัวใจล้มเหลวรูปแบบการให้แมกนีเซียมค่อนข้างหลากหลาย ประกอบด้วย แมกนีเซียมออกไซด์ ขนาด 400 มิลลิกรัม วันละ 2 ครั้ง (ให้แมกนีเซียมบริสุทธิ์ประมาณ 482.6 มิลลิกรัมต่อวัน) เป็นเวลา 3 เดือน^{23,24} แมกนีเซียมซิเตรตในขนาดที่ให้แมกนีเซียมบริสุทธิ์ 250 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลา 6 เดือน²⁵ และแมกนีเซียม โอโรเตตขนาด 500 มิลลิกรัมวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 เดือน²⁶ (ให้แมกนีเซียมบริสุทธิ์ประมาณ 65.6 มิลลิกรัม ต่อวัน) โดยสรุปปริมาณแมกนีเซียมบริสุทธิ์ที่ให้ในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจ ล้มเหลวอยู่ในช่วงประมาณ 65.6–482.6 มิลลิกรัมต่อวัน และมีระยะเวลาในการให้ตั้งแต่ 3-6 เดือน สัดส่วนของผู้เข้าร่วมการทดสอบที่มี ภาวะหัวใจล้มเหลวจากโรคหลอดเลือดหัวใจตีบในการศึกษาเหล่านี้อยู่ที่ 20-100% อาจทำให้เกิดข้อจำกัดใน การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในแต่ละการศึกษา

3. ประสิทธิภาพของการเสริมแมกนีเซียมต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย

การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยใช้แบบประเมิน European Organization for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire-Care 30 (EORTC QLQ-C30)

และ Seattle Angina Questionnaire พบว่าเมื่อใช้แมกนีเซียมขนาด 15 mmol วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 เดือน ให้แมกนีเซียมบริสุทธิ์ขนาด 365 มิลลิกรัมต่อวัน ทำให้ความสามารถในการดำเนินชีวิตประจำวัน อาการของโรค และสุขภาพโดยรวม ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ²⁰ ในขณะที่การศึกษาในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวนั้น ใช้แบบประเมิน Minnesota Living with Heart Failure ซึ่งวัดผลกระทบของภาวะหัวใจล้มเหลวต่อคุณภาพชีวิตด้านร่างกาย อารมณ์ และสังคมของผู้ป่วย ผลการประเมินพบว่าไม่พบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพชีวิตอย่างมีนัยสำคัญ²³

4. อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้แมกนีเซียม

มีสองการศึกษาที่รายงานอาการไม่พึงประสงค์ที่พบ ได้แก่ ปวดท้อง ท้องเสีย และท้องผูก^{20,21} ส่วนอีกสามการศึกษา^{19,23,24} รายงานว่าไม่พบอาการไม่พึงประสงค์ร้ายแรง รายละเอียดของการศึกษาที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดได้แสดงไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการศึกษา ผลของการให้แมกนีเซียมต่อความทนทานในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

Author (Year)	Study design	Population	Intervention	Comparator	Outcome measures	Key findings	Adverse effects	Country
Geiss et al. (1998) ¹⁸	RCT	CAD with LVD N=14	Magnesium orotate 1000 mg t.i.d. 4 weeks (~196.8 mg elemental Mg/day)	Placebo + Standard therapy	ETT (Bicycle ergometer)	↑ Exercise duration in Mg group (+4.68 min)	NA	Germany
Shechter et al. (2000) ¹⁹	RCT	stable CAD N=50	Magnosolv granulat 15 mmol b.i.d. 6 months (Mg oxide + Mg carbonate; 365 mg elemental Mg/day)	Placebo + Standard therapy	ETT (Treadmill; Bruce protocol)	Exercise duration: significantly higher in Mg group vs placebo at 6 months (9.3 ± 2.0 vs 7.3 ± 3.1 min)	No serious adverse events	USA
Shechter et al. (2003) ²⁰	RCT	stable CAD N=187	Magnosolv granulat 15 mmol b.i.d. 6 months (Mg citrate + potassium hydrogen carbonate; 365 mg elemental Mg/day)	Placebo + Standard therapy	ETT (Treadmill/bicycle; Bruce protocol), QoL	Exercise duration: significantly higher in Mg group vs placebo at 6 months (8.7 ± 2.1 vs 7.8 ± 2.9 min, +0.6 min in Mg group), significant improvement in QoL in Mg group	Diarrhea, abdominal pain, constipation	USA, Israel and Austria
Pokan et al. (2006) ²¹	RCT	stable CAD N=70	Magnosolv granulat 15 mmol b.i.d. 6 months (Mg citrate + potassium hydrogen carbonate; 365 mg elemental Mg/day)	Placebo + Standard therapy	CPET	VO ₂ max: significant ↑ in Mg group (+2.2) vs minimal change in placebo (+0.3), Power output at LTP2: significant ↑ by 11 W in Mg group, Pmax: significant ↑ by 15 W in Mg group	Diarrhea	Austria

Author (Year)	Study design	Population	Intervention	Comparator	Outcome measures	Key findings	Adverse effects	Country
Abdullayev (2025) ²²	RCT	stable angina (FC II–III) N=42	Magnerot (Mg orotate): loading 500 mg b.i.d. → maintenance 500 mg t.i.d. (~65.6–98.4 mg elemental Mg/day) 3 months	Standard therapy	ETT (Treadmill; Bruce protocol)	Exercise duration: significant ↑ in Mg group compared to placebo (311 ± 22 to 445 ± 35 sec), METs significant ↑ in Mg group from 4.8 ± 0.4 to 6.5 ± 0.6 METs	NA	Azerbaijan
Fuentes et al. (2006) ²³	RCT	stable HF N=22 (ischemic 41%)	MgO 400 mg b.i.d. 3 months (482.6 mg elemental Mg/day)	Placebo + Standard therapy	6MWT, QoL	No significant change in 6MWT and QoL	No serious adverse events	USA
Amin et al. (2019) ²⁴	Before–after study	20 HF (NYHA I–III, LVEF <40%) N=20 (ischemic 20%)	MgO 400 mg b.i.d. 3 months (482.6 mg elemental Mg/day)	None	6MWT	Significant ↑ in 6MWT distance by approximately 204 m	No serious adverse events	Iran
Valderrama et al. (2025) ²⁵	Pragmatic clinical trial	HF (Stage C–D, EF <40%) N=65 (ischemic 58%)	Magnesium citrate 6 months (250 mg elemental Mg/day)	Standard therapy	6MWT	Significant ↑ in 6MWT distance by 80.87 ± 15.24 m	NA	Peru
Kobryn et al. (2025) ²⁶	RCT	stable CAD with HFmrEF (LVEF 40–49%) N=62	Mg orotate 500 mg b.i.d. 6 months (~65.6 mg elemental Mg/day)	Standard therapy	ETT (Treadmill; Bruce protocol)	Walking distance: ↑ significantly greater in magnesium orotate group vs control (40 vs 33 m, p=0.042)	NA	Ukraine

CAD = coronary artery disease (โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ), HF = heart failure (ภาวะหัวใจล้มเหลว), LVD = left ventricular dysfunction (ภาวะการทำงานของหัวใจห้องล่างซ้ายบกพร่อง), LVEF = left ventricular ejection fraction (ค่าการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย), QoL = quality of life (คุณภาพชีวิต), VO₂ max = maximal oxygen consumption (ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด), Mg = magnesium (แมกนีเซียม), b.i.d. = twice daily (วันละ 2 ครั้ง) t.i.d. = three times daily (วันละ 3 ครั้ง), NA = not available (ไม่มีข้อมูล), FC = functional class (ระดับความรุนแรงของอาการตาม functional classification), NYHA = New York Heart Association (การจัดระดับความรุนแรงของอาการภาวะหัวใจล้มเหลวตามเกณฑ์ของสมาคมโรคหัวใจนิวยอร์ก), RCT = randomized controlled trial (การทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม)

อภิปรายผล

การทบทวนวรรณกรรมในครั้งนี้ได้รวบรวมการศึกษาที่ทำในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยต่อยอดจากการทบทวนวรรณกรรมที่มีมาก่อนหน้านี้ในปี ค.ศ. 2003¹⁶ และ 2009¹⁷ ด้วยการเพิ่มข้อมูลให้เป็นปัจจุบันมากขึ้น และรวบรวมผลการศึกษาในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวเข้าในการทบทวนวรรณกรรม ด้วยเนื่องจากภาวะหัวใจล้มเหลวเป็นภาวะแทรกซ้อนจากโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่า การเสริมแมกนีเซียมอาจมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความทนต่อการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ และอาจให้ประโยชน์ในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วม ในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบจากหลักฐานจากการศึกษาแบบ RCT แสดงให้เห็นว่าการเสริมแมกนีเซียมสามารถเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสะท้อนผ่านการเพิ่มขึ้นของ exercise duration^{18-20,22}, METs²² และ VO₂ max²¹

ในบริบทของผู้ป่วยหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วม ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความซับซ้อนทางพยาธิสรีรวิทยามากขึ้น พบว่าผลลัพธ์มีความหลากหลาย โดยการศึกษาในปี 2006 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญ²³ อย่างไรก็ตาม การศึกษาในช่วงปี ค.ศ. 2019-2025 กลับแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของระยะทางในการเดินจาก 6MWT^{24,25} และ ETT²⁶ อย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยหลอดเลือดหัวใจตีบและผู้ป่วยหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วม อาจอธิบายได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ ความรุนแรงของโรคที่มากขึ้นในกลุ่มที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและหน้าที่ของกล้ามเนื้อหัวใจ รวมถึงความผิดปกติของการกระตุ้นระบบประสาทและฮอร์โมน (Neurohormonal Activation) และความผิดปกติของการทำงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial Dysfunction)^{3,27} ซึ่งอาจส่งผลให้การตอบสนองต่อการเสริมแมกนีเซียมลดลงหรือไม่สม่ำเสมอ

กลไกที่อาจอธิบายผลของแมกนีเซียมต่อความทนทานในการออกกำลังกายสามารถสรุปได้ในหลายระบบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเพิ่มการไหลเวียนเลือดผ่านการคลายตัวของหลอดเลือดและการช่วยในการทำงานของเยื่อหุ้มหลอดเลือด การควบคุมสมดุลของแคลเซียมในกล้ามเนื้อหัวใจซึ่งส่งผลต่อการหดและคลายตัวของหัวใจ รวมถึงการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าหัวใจ¹⁵ สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ อาทิ การพัฒนาของการทำงานของเยื่อหุ้มหลอดเลือด^{19,23} การเพิ่มขึ้นของค่าการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย (LVEF)²⁴ การลดลงของภาวะคลื่นไฟฟ้าหัวใจช่วง ST ยกต่ำลง (ST-Segment Depression)^{19,22} และการลดลงของภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ¹⁹ อย่างมีนัยสำคัญ

ในด้านคุณภาพชีวิต พบว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วมไม่พบการเปลี่ยนแปลง อาจเนื่องจากภาวะโรคที่มากกว่าและปัจจัยร่วม เช่น ความอ่อนเพลีย ภาวะน้ำเกิน และปัจจัยทางจิตใจ

ในด้านความปลอดภัยพบว่า การเสริมแมกนีเซียมมีความปลอดภัยหากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมต่อภาวะสุขภาพ โดยปริมาณแมกนีเซียมบริสุทธิ์ที่ใช้ในการศึกษาที่นำมาทบทวนวรรณกรรมนี้อยู่ระหว่าง 65.6-482.6 มิลลิกรัมต่อวัน อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้แมกนีเซียมส่วนใหญ่ไม่รุนแรงและเกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร

เนื่องจากจำนวนการศึกษาที่ประเมินผลเฉพาะในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบร่วมกับภาวะหัวใจล้มเหลวยังมีจำกัดการทบทวนวรรณกรรมฉบับนี้จึงพิจารณาหลักฐานจากการศึกษาในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวรวมทุกสาเหตุร่วมด้วยโดยระบุสัดส่วนของผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวจากเส้นเลือดหัวใจตีบ อย่างไรก็ตามการศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้รายงานการวิเคราะห์แยกตามสาเหตุของภาวะหัวใจล้มเหลวหรือการมีโรคหลอดเลือดหัวใจตีบร่วม ทำให้ยังไม่สามารถสรุปผลเฉพาะต่อประชากรผู้ป่วย โรคหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วมได้อย่างชัดเจน จึงยังต้องการการศึกษาในอนาคตเพิ่มเติม

สรุปผล

แมกนีเซียมอาจสามารถเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายได้ในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยแมกนีเซียมที่ใช้อยู่ในรูปของสารประกอบที่หลากหลาย ให้ขนาดแมกนีเซียมบริสุทธิ์อยู่ระหว่าง 65.-365 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นระยะเวลา 1-6 เดือน และในผู้ที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวพบว่ามีการใช้แมกนีเซียมบริสุทธิ์ขนาด 65.6–482.6 มิลลิกรัมต่อวัน และมีระยะเวลาในการให้ตั้งแต่ 3-6 เดือน

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับการเสริมแมกนีเซียมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบยังมีจำนวนน้อย และยังขาดการศึกษาในกลุ่มที่เป็นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วมโดยเฉพาะ

จากการทบทวนวรรณกรรม สรุปได้ว่า การเสริมแมกนีเซียมร่วมกับการรักษาโดยใช้ยาเป็นทางเลือกสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบเพื่อเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย และช่วยให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยดีขึ้น โดยอนาคตควรทำการศึกษาในระยะยาว และเพิ่มเติมการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวร่วม

เอกสารอ้างอิง

1. Khan MAB, Hashim MJ, Mustafa H, Baniyas MY, Al Suwaidi SKBM, AlKatheeri R, et al. Global epidemiology of ischemic heart disease: results from the Global Burden of Disease Study. Cureus. 2020;12(7):e9349. doi:10.7759/cureus.9349.
2. Zhu WW, Tian RY, Guo DC, Lin MM, Cai QZ, Qin YY, et al. Exercise intolerance in patients with chronic coronary syndrome: insights from exercise stress echocardiography. Front Cardiovasc Med 2024;11:1442263. doi:10.3389/fcvm.2024.1442263.
3. Del Buono MG, Arena R, Borlaug BA, Carbone S, Canada JM, Kirkman DL, et al. Exercise intolerance in patients with heart failure: JACC state-of-the-art review. J Am Coll Cardiol 2019; 73(17): 2209-25. doi:10.1016/j.jacc.2019.01.072.

4. Fuller A, Okwose N, Scragg J, Eggett C, Luke P, Bandali A, et al. The effect of age on mechanisms of exercise tolerance: reduced arteriovenous oxygen difference causes lower oxygen consumption in older people. *Exp Gerontol* 2021;149:111340. doi:10.1016/j.exger.2021.111340.
5. Verdicchio C, Freene N, Hollings M, Maiorana A, Briffa T, Gallagher R, et al. A clinical guide for assessment and prescription of exercise and physical activity in cardiac rehabilitation: a CSANZ position statement. *Heart Lung Circ* 2023;32(9):1035-48. doi:10.1016/j.hlc.2023.06.854.
6. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167(2):211-77. doi:10.1164/rccm.167.2.211.
7. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, Bricker JT, Duvernoy WF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA guidelines for exercise testing: executive summary. *Circulation* 1997;96(1):345-54. doi:10.1161/01.cir.96.1.345.
8. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166(1):111-7. doi:10.1164/rccm.166/1/111.
9. Saif A, Saddique MA, Ahmad G, Jabeen K, Anjum S, Aslam MA. Correlation of coronary artery disease on coronary angiography with Dukes Treadmill score in patients undergoing exercise tolerance test. *J Cardiovasc Dis* 2024; 20(3). doi:10.55958/jcvd.v18i3.196.
10. Rendell M, Manorekang R, Williams G, Al Baraikan A, Newman T, Taylor D, et al. Exploring the association between cardiac magnetic resonance parameters of cardiac function and exercise capacity in patients with coronary artery disease. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2026;27 (Suppl 1): jeaf367.404. doi:10.1093/ehjci/jeaf367.404.
11. Hung RK, Al-Mallah MH, McEvoy JW, Whelton SP, Blumenthal RS, Nasir K, et al. Prognostic value of exercise capacity in patients with coronary artery disease: the FIT (Henry Ford Exercise Testing) Project. *Mayo Clin Proc* 2014; 89(11): 1644-54. doi:10.1016/j.mayocp.2014.07.011.
12. Katsi V, Georgiopoulos G, Mitropoulou P, Kontoangelos K, Kollia Z, Tzavara C, et al. Exercise tolerance and quality of life in patients with known or suspected coronary artery disease. *Qual Life Res* 2021;30(9):2541-50. doi:10.1007/s11136-021-02844-y.
13. Shanmugasagaram S, Oh P, Reid RD, McCumber T, Grace SL. Cardiac rehabilitation barriers by rurality and socioeconomic status: a cross-sectional study. *Int J Equity Health* 2013;12:72. doi:10.1186/1475-9276-12-72.
14. De Baaij JHF, Hoenderop JGJ, Bindels RJM. Magnesium in man: implications for health and disease. *Physiol Rev* 2015;95(1):1-46. doi:10.1152/physrev.00012.2014.
15. Tangvoraphonkchai K, Davenport A. Magnesium and cardiovascular disease. *Adv Chronic Kidney Dis* 2018;25(3):251-60. doi:10.1053/j.ackd.2018.02.010.

16. Shechter M. Does magnesium have a role in the treatment of patients with coronary artery disease? *Curr Opin Cardiol* 2003;18(4):231-6. doi:10.1097/00001573-200307000-00005.
17. Mathers TW, Beckstrand RL. Oral magnesium supplementation in adults with coronary heart disease or coronary heart disease risk. *J Am Acad Nurse Pract* 2009;21(12):651- 7. doi:10.1111/j.1745-7599.2009.00460.x.
18. Geiss KR, Stergiou N, Jester J, Neuenfeld HU, Jester HG. Effects of magnesium orotate on exercise tolerance in patients with coronary heart disease. *Clin Trial Cardiovasc Drugs Ther* 1998;12 (Suppl 2): 153-6. doi:10.1023/a:1007796515957.
19. Shechter M, Sharir M, Labrador MJ, Forrester J, Silver B, Bairey Merz CN. Oral magnesium therapy improves endothelial function in patients with coronary artery disease. *Circulation* 2000;102(19): 2353-8. doi:10.1161/01.cir.102.19.2353.
20. Shechter M, Bairey Merz CN, Stuehlinger HG, Slany J, Pachinger O, Rabinowitz B. Effects of oral magnesium therapy on exercise tolerance, exercise-induced chest pain, and quality of life in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2003;91(5):517-21. doi:10.1016/S0002-9149(02)03297-6.
21. Pokan R, Hofmann P, von Duvillard SP, Smekal G, Wonisch M, Lettner K, et al. Oral magnesium therapy, exercise heart rate, exercise tolerance, and myocardial function in coronary artery disease patients. *Br J Sports Med* 2006;40(9):773-8. doi:10.1136/bjsm.2006.027250.
22. Abdullayev R, Quliyeva A, Abdullayeva R, Isayeva M, Muradova S, Abdullayeva I. Study of the effect of magnesium preparations on physical tolerance in patients with chronic coronary syndrome. *J Heart Dis Ther* 2025;2(1):1-2. doi:10.71295/jhdt.2025.020102.
23. Fuentes JC, Salmon AA, Silver MA. Acute and chronic oral magnesium supplementation: effects on endothelial function, exercise capacity, and quality of life in patients with symptomatic heart failure. *Congest Heart Fail* 2006;12(1):9-13. doi:10.1111/j.1527-5299.2006.04692.x.
24. Amin A, Chitsazan M, Chitsazan M, Haghighattalab A, Taghavi S, Naderi N. Effects of magnesium replacement therapy in patients with chronic stable heart failure and normal magnesium level. *Res Cardiovasc Med* 2019;8(1): 23-8. doi:10.4103/rcm.rcm_29_18.
25. Jara Valderrama JJ, Gonzales Gonzales GA, Gutierrez Altuna XZ, Rodriguez Carbonell JA, Gutierrez Asmat FM, Sagastegui Avalos AA, et al. Oral magnesium citrate effect in exercise tolerance in chronic heart failure. *Eur J Prev Cardiol* 2025;32(Suppl 1):zwaf236.037. doi:10.1093/eurjpc/zwaf236.037.
26. Kobryn OT, Vakaliuk IP. Anti-inflammatory effects of magnesium orotate in revascularized patients with CAD and HFmrEF: a randomized study. *Bukov Med Herald* 2025;29(4):16-22. doi:10.24061/2413-0737.29.4.116.2025.3.

27. Duncan AM, Francis DP, Gibson DG, Henein MY. Limitation of exercise tolerance in chronic heart failure: distinct effects of left bundle-branch block and coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2004;43(9):1667-74. doi:10.1016/j.jacc.2003.11.051.