

การรักษาหลอดเลือดดำใหญ่ชั้นต้นที่ขาผ่านสายสวนด้วยจี้ไฟฟ้า ภายในหลอดเลือด: การศึกษาความเป็นไปได้ในชิ้นเนื้อนอกร่างกาย Electrocautery for Endovenous Thermal Ablation of the Great Saphenous Vein: An Ex Vivo Feasibility Study

จารุณี เจียมประเสริฐบุญ พ.บ.,
วว. ศัลยกรรม
กลุ่มงานศัลยกรรม
บุณทริกา จุนถาวร พ.บ.,
วว. พยาธิวิทยากายวิภาค
กลุ่มงานพยาธิวิทยากายวิภาค
โรงพยาบาลนครปฐม
จังหวัดนครปฐม

Jarunee Jieamprasertbun M.D.,
Dip., Thai Board of Surgery
Division of Surgery
Boontarika Junthaworn M.D.,
Dip., Thai Board of Anatomical Pathology
Division of Anatomical Pathology
Nakhonpathom Hospital
Nakhon Pathom

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินความเป็นไปได้ กำหนดการตั้งค่ากำลังไฟฟ้าและระยะเวลาการจี้ไฟฟ้า นำไปสู่ค่าพลังงานที่เหมาะสมและประเมินประสิทธิภาพการทำลายเนื้อเยื่อผนังหลอดเลือดดำใหญ่ชั้นต้นที่ขา (great saphenous vein: GSV) ตั้งแต่ชั้นใน ชั้นกลาง และชั้นนอก รวมถึงเนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือดด้วยตาเปล่าและทางพยาธิวิทยา สำหรับการใช้เครื่องจี้ไฟฟ้าศัลยกรรมมาตรฐาน ร่วมกับขดลวดตัวนำแบบโลหะ เพื่อใช้จี้ไฟฟ้าสำหรับการรักษาหลอดเลือดดำชั้นต้นที่ขาจากสายสวนภายในหลอดเลือด ในแบบจำลองนอกร่างกาย (ex vivo model)

วิธีการศึกษา: ศึกษาชิ้นเนื้อ GSV จำนวน 20 ชิ้น แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามกำลังไฟฟ้า (50 และ 60 วัตต์) และระยะเวลาการจี้ (5 และ 10 วินาที) ประเมินผลโดยการตรวจสอบลักษณะการทำลายเนื้อเยื่อผนังหลอดเลือดด้วยตาเปล่า และวิเคราะห์ความลึกของการทำลายด้วยกล้องจุลทรรศน์

ผลการศึกษา: ไม่พบการทำลายของเนื้อเยื่อภายนอกผนังหลอดเลือด GSV ที่ตรวจพบได้ด้วยตาเปล่าหรือกล้องจุลทรรศน์ในกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ ขณะที่กลุ่ม 60 วัตต์ พบการทำลายของเนื้อเยื่อภายนอกผนังหลอดเลือดอย่างชัดเจน โดยมีอัตราการทำลายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ร้อยละ 70 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ตามกำลังไฟฟ้าและระยะเวลา ในด้านความลึกของการทำลายเนื้อเยื่อ ($p = .018$) การทำลายชั้นนอกสุดของผนังหลอดเลือด ($p = .003$) และการทำลายของเนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือด ($p = .013$) การตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่ 50 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที ให้ผลการรักษา GSV ภายในหลอดเลือดได้ครบทุกชั้นอย่างสม่ำเสมอโดยไม่กระทบต่อเนื้อเยื่อรอบข้าง

สรุป: การใช้เครื่องจี้ไฟฟ้ามาตรฐานที่กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ และระยะเวลาจี้ 10 วินาที สามารถรักษา GSV ในแบบจำลองชิ้นเนื้อผ่านสายสวนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดการทำลายเนื้อเยื่อภายนอกผนังหลอดเลือด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเครื่องจี้ไฟฟ้าที่ใช้ในงานศัลยกรรมทั่วไป อาจจะเป็นทางเลือกในการรักษา GSV ควรได้รับการศึกษาทางคลินิกเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลดังกล่าว

คำสำคัญ: หลอดเลือดขอด หลอดเลือดดำใหญ่ชั้นตื้นที่ขา รักษาหลอดเลือดดำขอดผ่านสายสวน จี้ไฟฟ้าภายในหลอดเลือด

วารสารแพทย์เขต 4-5 2568 ; 44(4) : 505-515.

Abstract

Objective: To evaluate the feasibility, determine appropriate power and ablation duration, and assess the efficacy of using a standard surgical electrocautery device with a metallic guidewire for catheter-based endovenous ablation of the great saphenous vein (GSV) in an ex vivo model, based on macroscopic and microscopic examinations of thermal injury across all venous wall layers and perivenous tissues.

Methods: Twenty segments of human GSV were divided into four groups according to power output (50 and 60 watts) and ablation duration (5 and 10 seconds). Endovenous tissue injury was assessed by gross inspection and histological examination to determine the depth of thermal destruction.

Results: No macroscopic or microscopic damage to perivenous tissue was observed in the 50-watt groups, whereas evident tissue destruction was found in the 60-watt groups, with a 70% rate of microscopic injury. Statistically significant differences among groups, stratified by power and duration, were observed in terms of tissue injury depth ($p = .018$), adventitial layer destruction ($p = .003$), and perivenous tissue damage ($p = .013$). The 50-watt setting for 10 seconds achieved consistent full-thickness ablation of the GSV without affecting surrounding tissues.

Conclusion: Standard surgical electrocautery at 50 watts for 10 seconds effectively ablated all layers of the GSV in an ex vivo model without causing perivenous injury. These findings suggest that commonly available surgical electrocautery units may serve as a potential alternative for catheter-based treatment of varicose vein and warrant further clinical investigation to confirm these outcomes.

Keywords: varicose vein, great saphenous vein, endovenous thermal ablation, electrocautery

Received: Sep 12, 2025; Revised: Sep 25, 2025; Accepted: Nov 10, 2025

Reg 4-5 Med J 2025 ; 44(4) : 505-515.

บทนำ

ภาวะหลอดเลือดดำบกพร่องเรื้อรัง (chronic venous insufficiency: CVI) เกิดจากภาวะความดันในหลอดเลือดดำเพิ่มสูงขึ้น (venous hypertension) ซึ่งเป็นผลมาจากการไหลเวียนของเลือดดำที่ผิดปกติ อาจเกิดจากการไหลย้อนกลับของเลือด (venous reflux) เนื่องจากลิ้นภายในหลอดเลือดดำเสื่อมสภาพ หรือเกิดจากการอุดตันของหลอดเลือดดำ (venous obstruction) จากลิ่มเลือดหรือสาเหตุอื่น ภาวะดังกล่าวก่อให้เกิดอาการแสดงทางคลินิก ตั้งแต่ระดับเล็กน้อย เช่น หลอดเลือดฝอยขยาย หลอดเลือดขอด (varicose vein: VV) ไปจนถึงภาวะรุนแรง เช่น ขาบวม ผิวหนังบริเวณข้อเท้าอักเสบและคล้ำ หรือแผลเรื้อรังจากเลือดดำคั่ง (chronic venous leg ulcer)¹ ซึ่งในรายที่มีอาการมากอาจนำไปสู่ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด

ภาวะ CVI และ VV เป็นโรคที่มีการรายงานตั้งแต่สมัยอียิปโตเครติส และยังคงเป็นปัญหาทางสาธารณสุขในยุคเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ปัจจุบัน (พ.ศ. 2568) การศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า CVI มีผลกระทบต่อประชากรหญิง ร้อยละ 32 และชาย ร้อยละ 40 ในประเทศที่พัฒนาแล้ว¹ ส่วนในประเทศไทย พบอัตราผู้ป่วยใหม่ (incidence) ประมาณร้อยละ 22.5² ขณะที่อัตราความชุกของ VV ในบุคลากรสาธารณสุขในประเทศกำลังพัฒนามี ร้อยละ 29³ รายงานจากต่างประเทศระบุอัตราความชุกของ VV ทั่วโลกอยู่ระหว่าง ร้อยละ 2-73⁴ ความแตกต่างของความชุกที่กว้างนี้สะท้อนถึงความหลากหลายของประชากรที่ศึกษา (เช่น อาชีพ เพศ อายุ และเชื้อชาติ) รวมถึงเกณฑ์และวิธีการวินิจฉัยที่ไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น การตรวจร่างกายเทียบกับการใช้ duplex ultrasound ส่งผลให้ตัวเลขความชุกแตกต่างกันไปในแต่ละรายงาน

การรักษาภาวะ CVI มีหลายวิธี ตั้งแต่การสวมถุงน่องทางการแพทย์ การใช้ยาลดแรงดันหลอดเลือดดำ การฉีดยาเพื่อทำให้หลอดเลือดขอดแข็ง

(sclerotherapy) การดูแลแผลเรื้อรังจากเลือดดำคั่ง ไปจนถึงการผ่าตัดดึงหลอดเลือดดำชั้นต้นที่ขาแบบเปิด (venous stripping) เพื่อรักษาหลอดเลือดดำใหญ่ชั้นต้นที่ขา (great saphenous vein: GSV) ไหลย้อนทางที่พบบ่อย ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้มากกว่าศตวรรษ

ต่อมาในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 2000 ได้มีการพัฒนาเทคนิคการผ่าตัดผ่านสายสวนจากภายใน GSV (endovenous techniques) เช่น เทคนิคการใช้ความร้อนในการปิด GSV โดยใช้สายสวน (endovenous thermal saphenous vein ablation) และเทคนิคการไม่ใช้ความร้อนในการปิด GSV โดยใช้สายสวน (endovenous nonthermal saphenous vein ablation) วิธีเหล่านี้ให้ผลลัพธ์ในการปิดหลอดเลือดไม่แตกต่างจากการผ่าตัดแบบดั้งเดิม ทั้งยังมีข้อดีคือ เจ็บปวดน้อยกว่า รอยช้ำน้อยกว่า เส้นประสาทบาดเจ็บน้อยกว่า พักฟื้นสั้นกว่า และกลับไปทำกิจวัตรปกติได้เร็วกว่า

เทคนิคการใช้ความร้อนในการปิด GSV โดยใช้สายสวน (endovenous thermal saphenous vein ablation) มีหลายรูปแบบ เช่น การใช้คลื่นไมโครเวฟ⁵ เลเซอร์⁶⁻⁷ (endovenous laser) หรือคลื่นวิทยุ (radiofrequency ablation: RFA)⁸⁻⁹ พบว่าการรักษาได้ผลดี ภาวะแทรกซ้อนต่ำและใช้กันมากกว่า 10 ปี ทำให้สมาคมหลอดเลือดสหรัฐอเมริกา (ค.ศ. 2023)¹⁰⁻¹¹ และยุโรป (ค.ศ. 2022)¹ ได้กำหนดแนวทางเวชปฏิบัติไว้โดยแนะนำให้การรักษา GSV ไหลย้อนทางด้วยเทคนิคการใช้ความร้อนในการปิด GSV โดยใช้สายสวน เป็นทางเลือกแรก หากลักษณะทางกายวิภาคของหลอดเลือดเหมาะสมมีความพร้อมด้านเทคโนโลยีและความเชี่ยวชาญในการรักษาผ่านทางสายสวนของแพทย์ผู้รักษา

ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์สายสวนที่สูง ทำให้การเข้าถึงการรักษาในในประเทศที่มีทรัพยากรจำกัดยังเป็นไปได้ยาก ประเทศไทยในฐานะเป็นประเทศ

กำลังพัฒนาได้ประเมินว่าการรักษาด้วยเทคนิคดังกล่าว ไม่คุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจสำหรับการเบิกจ่าย จากภาครัฐ¹² จึงยังคงใช้วิธีผ่าตัดเปิดและฉีดยาเพื่อให้ หลอดเลือดอุดตันเป็นหลัก การพัฒนาวิธีการรักษา ที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่า แต่มีต้นทุนต่ำกว่า จึงเป็น โจทย์สำคัญของงานวิจัยในปัจจุบัน

ผู้วิจัยอ้างอิงงานของ Rossi และคณะ¹³ ที่ได้ใช้ เครื่องจี้ไฟฟ้า (electrocautery) ที่ใช้ในงานศัลยกรรม ทั่วไป ซึ่งมีอยู่ในห้องผ่าตัดอย่างแพร่หลาย ร่วมกับ อุปกรณ์สแตนต์เสาน้ำไฟฟ้าทางสายสวนหลอดเลือดที่ ประดิษฐ์ขึ้นเอง Rossi เริ่มทดลองใช้ในชิ้นเนื้อขาวิว และภายหลังนำไปใช้กับผู้ป่วยที่มีหลอดเลือดอุดตัน มีผลตรวจชิ้นเนื้อทางพยาธิวิทยาจาก GSV ส่วนต้นของ ผู้ป่วย¹⁴⁻¹⁵ พบว่ากำลังไฟฟ้า 60.4 วัตต์ (Watts-W) เป็น เวลา 5 วินาที และหรือ 58.8 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที สามารถทำลายผนังหลอดเลือดได้โดยไม่ทะลุถึงเยื่อ ุชั้นนอก เมื่อเปรียบเทียบกับ RFA พบว่า ผลการปิด หลอดเลือดไม่ได้ดีไปกว่า RFA¹⁶ และผลการติดตาม หลังการรักษา 5 ปี¹⁷ พบว่าอัตราการปิดหลอดเลือด ผู้ป่วยสำเร็จ ร้อยละ 89.7 เทียบกับ RFA ที่ร้อยละ 66.7 จึงได้อ้างอิงงานดังกล่าวมากำหนดช่วงกำลังไฟฟ้าที่ เหมาะสมระหว่าง 50-60 วัตต์ และระยะเวลาการจี้ 5-10 วินาที หลังจากผู้วิจัยทำการทดลองหลายครั้ง ในเนื้อหมู ใช้อุปกรณ์หลายชนิด เช่น ลวดนำทางสั้น และยาว ปลอกสายสวนหุ้มลวดนำทางสั้นและยาว จนถึงสายสวนโลหะตะกร้อดิ่งนิ้ว แม้จะมีข้อจำกัด ด้านต้นทุนสูงเมื่อเทียบกับสภาพทางเศรษฐกิจ พบว่า การใช้ลวดนำไฟฟ้าแบบโลหะจากอุปกรณ์ชุดสายสวน นำเข้าหลอดเลือดเป็นตัวนำไฟฟ้า เมื่อใช้ร่วมกับ ปลอกสายสวนพลาสติกเหลือใช้ที่ได้จากสายฟอกเลือด สามารถประยุกต์เพื่อนำไฟฟ้าจี้รักษา GSV ในขณะที่ ลดการทำลายเนื้อเยื่อรอบข้างภายนอกหลอดเลือด และมีต้นทุนเหมาะสม นำมาทำการศึกษาเพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพการปิด GSV และยืนยันผลด้วยการตรวจ ทางพยาธิวิทยา

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความเป็นไปได้ กำหนดการตั้งค่า กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาการจี้ไฟฟ้า นำไปสู่ค่าพลังงาน ที่เหมาะสมและประเมินประสิทธิภาพการทำลายเยื่อ ุผนังหลอดเลือดดำใหญ่ชั้นต้นที่ขา (great saphenous vein: GSV) ตั้งแต่ชั้นใน ชั้นกลาง และชั้นนอก รวมถึง เนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือดทางพยาธิวิทยา สำหรับการ ใช้เครื่องจี้ไฟฟ้าศัลยกรรมทั่วไปร่วมกับขดลวดตัวนำ แบบโลหะ เพื่อใช้จี้ไฟฟ้าสำหรับการรักษาหลอดเลือดดำ ชั้นต้นที่ขาจากสายสวนภายในหลอดเลือด ในแบบ จำลองนอกร่างกาย (ex vivo model)

วิธีการศึกษา

การออกแบบการศึกษา (Research Methodology)

การศึกษาดลองนอกร่างกาย (experimental ex vivo study)

กลุ่มตัวอย่าง (Population or research subjects)

ตัวอย่าง GSV ได้จากผู้ป่วยที่ให้ความยินยอม เข้าร่วมการวิจัยอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร และ เข้ารับการผ่าตัดดึง GSV ที่ขาแบบเปิด 1 ราย ซึ่งเป็น ผู้ป่วยหญิงไทย อายุ 49 ปี น้ำหนัก 66 กิโลกรัม สูง 158 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเท่ากับ 26.44 กิโลกรัม/ตารางเมตร โรคประจำตัวคือ ความดันโลหิตสูง ไชมันในโลหิตสูง มีอาการแสดงของหลอดเลือดดำอุดตันองโป่งพอง ขาบวม ตรวจด้วย duplex ultrasound พบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง GSV เฉลี่ย 9.43 มิลลิเมตร ส่วนต้นขา 9.2 มิลลิเมตร ส่วนกลางต้นขา 9.1 มิลลิเมตร และส่วนปลายต้นขา 10 มิลลิเมตร โดยพบการไหลย้อน ของหลอดเลือดดำชั้นต้นมากกว่า 0.5 วินาที ในทำยื่น การจำแนกประเภททางคลินิก ของ CEAP¹⁸ ได้ผลดังนี้

C: Clinical อาการทางคลินิก พบหลอดเลือดดำ ขอดชั้นต้นที่นองโป่งพอง (C2) ขาบวม (C3)

E: Etiology สาเหตุของโรค ไม่พบสาเหตุชัดเจน (primary)

A: Anatomy ตำแหน่งทางกายวิภาคของหลอดเลือดดำที่มีปัญหา คือ หลอดเลือดดำใหญ่ชั้นต้นที่ขา (GSV)

P: Pathophysiology พบพยาธิสรีรวิทยาการไหลย้อน (reflux)

ส่วนการประเมินความรุนแรงทางคลินิกของหลอดเลือดดำ VCSS (Venous Clinical Severity Score) ของผู้ป่วยรายนี้มีค่าคะแนนเท่ากับ 8 จาก daily pain (2 คะแนน), varicose vein confined to calf (2 คะแนน), venous edema extends to knee and above (3 คะแนน), induration limited to perimalleolar area (1 คะแนน)

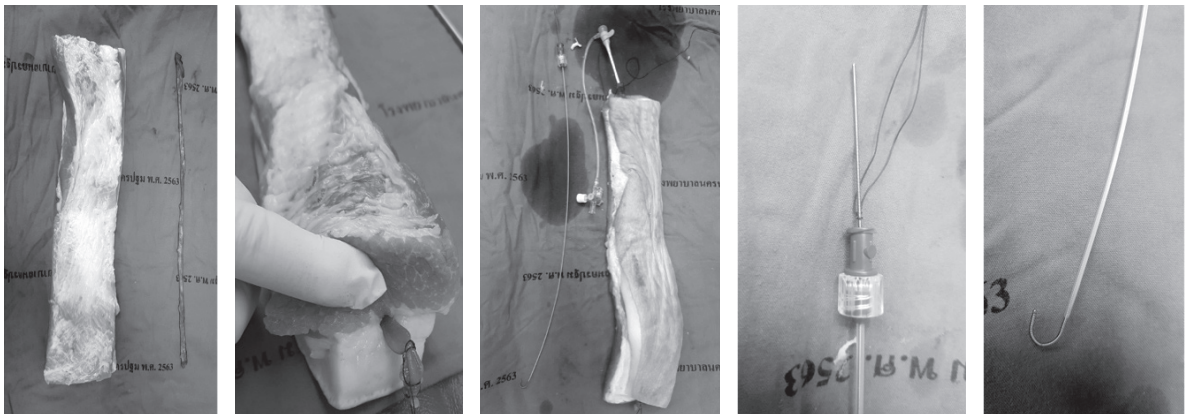
การเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อ

ตัวอย่างชิ้นเนื้อสดของ GSV ความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งได้จากการผ่าตัดดึง GSV ที่ขาแบบเปิด ถูกนำมาฝังลงในเนื้อหมูขนาดยาว 30 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร หนา 5 เซนติเมตร

บริเวณชั้นไขมันใต้ผิวหนัง เพื่อจำลองลักษณะผิวหนังและเนื้อเยื่อของมนุษย์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ยาวกลุ่มละ 5 เซนติเมตร แสดงในภาพชุดที่ 1 (ภาพที่ 1-2)

ขั้นตอนทางเทคนิคการจี้ไฟฟ้าภายในหลอดเลือดดำ

เริ่มต้นด้วยการใส่ขดลวดตัวนำแบบโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.038 นิ้ว ยาว 45 เซนติเมตร และอุปกรณ์ชุดสายสวนนำเข้าหลอดเลือดด้วยห่อ Terumo Radifocus™ Introducer II ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 Fr ยาว 10 เซนติเมตร ตามด้วยบล็อกพลาสติกที่ยาวที่ได้จากสายฟอกเลือด ครอบตามขดลวดตัวนำแบบโลหะเข้าไป โดยปลายขดลวดตัวนำแบบโลหะ (J-tip) ถูกเปิดให้เป็นพื้นผิวสัมผัสสำหรับการจี้ไฟฟ้ายื่นออกมาจากบล็อกพลาสติกยาววัดด้วยไม้บรรทัด 1 เซนติเมตร ทั้งนี้ได้ผูกด้ายไหมที่ส่วนต้นของขดลวดตัวนำแบบโลหะก่อนใส่เข้าไปในเนื้อหมู ดังลำดับขั้นตอนที่แสดงในภาพชุดที่ 1 (ภาพที่ 3-5)



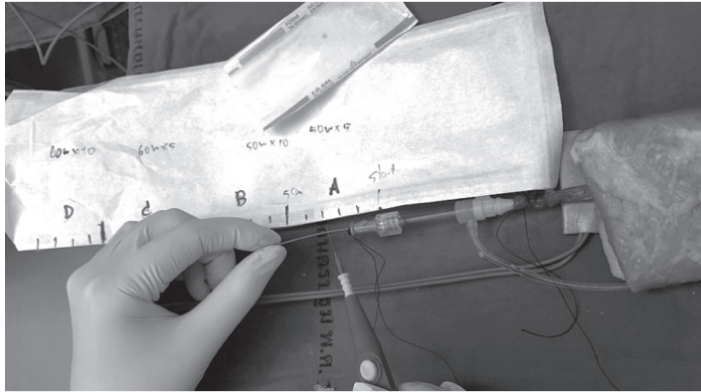
ภาพชุดที่ 1 แสดงการนำชิ้นเนื้อสดของ GSV ฝังในเนื้อหมู อุปกรณ์ชุดสายสวนและขดลวดตัวนำแบบโลหะ

ใช้เครื่องจี้ไฟฟ้าศัลยกรรมมาตรฐาน (VALLEYLAB™ FORCE TRIAD™, Medtronic, Minneapolis, MN, USA) ในโหมดจี้เพื่อหยุดเลือด (coagulation) ที่กำลังไฟฟ้า 50-60 วัตต์ เพื่อส่งพลังงานความร้อนผ่านขดลวดตัวนำแบบโลหะเหนือ

บล็อกสายสวนพลาสติกด้วยการจี้ไฟฟ้า ศัลยแพทย์วัดด้วยไม้บรรทัดเพื่อถอยบล็อกสวนออกครั้งละ 1 เซนติเมตร เป็นเวลา 5-10 วินาที โดยใช้นาฬิกาจับเวลาเครื่องเดียว

แบ่งกลุ่มการทดลองกำลังไฟฟ้าและเวลา โดยเลือกค่าพลังงานและระยะเวลาจากงานวิจัยของ Rossi และคณะ¹³⁻¹⁷ ที่ใช้เครื่องจี้ไฟฟ้า (electrocautery) เป็นแหล่งให้ความร้อนสำหรับปิดหลอดเลือดดำ โดยใช้เส้นลวดสเตนเลสที่ผลิตขึ้นเองมีปลายที่มีลักษณะเป็น

ตะกร้อ เส้นลวดสามารถโผล่จากสายสวนหลอดเลือดพลาสติกได้เมื่อต้องการจี้ไฟฟ้า นำมาทำการศึกษาแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามตารางที่ 1 การดำเนินการทั้งหมดทำโดย ผู้วิจัยซึ่งเป็นศัลยแพทย์หลอดเลือด ดังแสดงในภาพชุดที่ 2

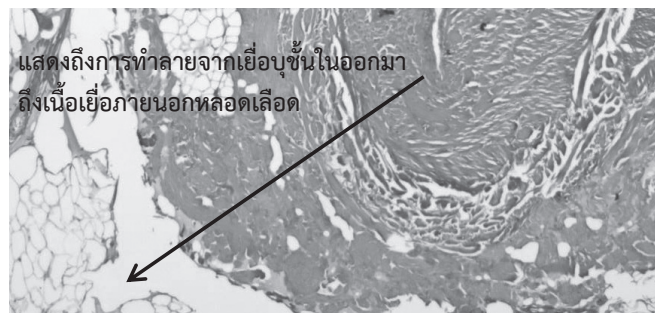
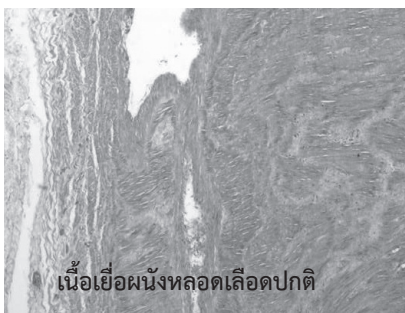


ภาพชุดที่ 2 แสดงการจี้ไฟฟ้าภายในหลอดเลือดดำและการถอยสายสวน

การประเมินเนื้อเยื่อ

หลังจากทำการจี้ไฟฟ้า ตัวอย่างเนื้อเยื่อ 4 กลุ่ม จะถูกเก็บกลุ่มละ 1 ชิ้น ทุกกระยะ 5 เซนติเมตร ตามพื้นที่ที่ได้แบ่งการทดลองกำลังไฟฟ้าและเวลา เพื่อการวิเคราะห์ ทำการตรวจสอบความเสียหายของเนื้อเยื่อภายนอกด้วยตาเปล่าทันที แล้วจึงนำตัวอย่างไปตรึงในสารละลาย 10% neutral buffered formalin เพื่อเตรียมการตรวจทางพยาธิวิทยา ในแต่ละกลุ่มถูกตัดแบ่งเป็นตัวอย่าง 5 ชิ้น ทำการย้อมด้วย hematoxylin และ eosin (H&E) และตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้

กำลังขยายจากต่ำสุดไปสูงสุด 40 เท่า โดยพยาธิแพทย์ผู้วิจัย ซึ่งไม่ทราบการแบ่งกลุ่มการทดลองของตัวอย่าง ทำการประเมินความลึกของการทำลายผนังหลอดเลือด จัดแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ความเสียหายเฉพาะเยื่อชั้นใน (intima), ความเสียหายถึงเยื่อชั้นในและชั้นกลาง (intima/media), ความเสียหายครบทุกชั้นของผนังหลอดเลือด (intima/media/adventitia), และความเสียหายลุกลามถึงเนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือด ดังแสดงในภาพชุดที่ 3



ภาพชุดที่ 3 ภาพทางซ้ายแสดงเนื้อเยื่อผนังหลอดเลือดปกติ ที่ไม่ได้ถูกทำลายหรือได้รับบาดเจ็บ ภาพทางขวาแสดงเนื้อเยื่อผนังหลอดเลือดที่ถูกทำลาย ลูกศรแสดงถึงการทำลายจากชั้นเยื่อชั้นในออกมาถึงเนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือด

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลลัพธ์เชิงหมวดหมู่ถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับกำลังไฟฟ้า ระยะเวลา การจี้ และความลึกของการทำลายผนังหลอดเลือด โดยใช้การทดสอบ Fisher's exact test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .05$ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)

การอนุมัติด้านจริยธรรม

การศึกษาคั้งี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมโรงพยาบาลนครปฐมอนุมัติการวิจัย โรงพยาบาลนครปฐม (เลขที่ 024/2024) ผู้ป่วยได้รับข้อมูลและลงนามแสดงความยินยอมก่อนการเก็บตัวอย่าง GSV

ผลการศึกษา

ผลการตรวจด้วยตาเปล่า การตรวจความเสียหายของเนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือด GSV ที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า พบว่า ขึ้นอยู่กับระดับกำลังไฟฟ้าที่ใช้เท่านั้น โดยกลุ่ม 50 วัตต์ ไม่พบการทำลายเนื้อเยื่อ

ที่ตรวจได้ ในขณะที่กลุ่ม 60 วัตต์ พบเห็นการไหม้ของผนังหลอดเลือดและการทำลายของเนื้อเยื่อภายนอกรอบข้างอย่างสม่ำเสมอ แต่ไม่พบการทำลายหรือละลายติดกับเนื้อเยื่อข้างเคียงของปลอกสายสวนพลาสติกที่เอามาใส่ภายนอกหลอดนำทางโลหะ ไม่พบหลอดเลือดทะลุจากการใส่ขดลวดเข้าไปภายใน

ผลการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า ความลึกของการทำลายภายในหลอดเลือดดำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับพลังงานที่ใช้ เริ่มจากการทำลายเฉพาะผนังชั้นในเพียงอย่างเดียว (I) ไปยังผนังชั้นใน/ชั้นกลาง (I/M) และทุกชั้นของผนังหลอดเลือด (I/M/A) ในกลุ่ม A (พลังงาน 250 จูล) พบว่า ร้อยละ 80 (4/5 ชั้น) มีการทำลายจำกัดเฉพาะชั้นในและชั้นกลาง ส่วนอีก 1 ชั้น พบการทำลายที่จำกัดเฉพาะชั้นในเท่านั้น ในกลุ่ม B (พลังงาน 500 จูล) ร้อยละ 80 (4/5 ชั้น) พบการทำลายที่ชั้น I/M และ 1 ชั้น พบการทำลายครบทุกชั้นของผนังหลอดเลือด (I/M/A) โดยไม่พบการทำลายเนื้อเยื่อภายนอก ในทางตรงกันข้าม กลุ่ม C และ D พบการทำลายของเนื้อเยื่อภายนอกในอัตราสูงคือ ร้อยละ 60 และ 80 ของตัวอย่างตามลำดับ

ตารางที่ 1 กลุ่มการทดลองและผลลัพธ์ทางพยาธิวิทยา

กลุ่ม	กลุ่ม A	กลุ่ม B	กลุ่ม C	กลุ่ม D	รวม	p-value
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	50	50	60	60	-	-
ระยะเวลา (วินาที)	5	10	5	10	-	-
พลังงาน (จูล)	250	500	300	600	-	-
ความลึกของการทำลายเนื้อเยื่อผนังหลอดเลือด GSV						.018*
- ชั้นใน (I)	1	1	0	0	2	-
- ชั้นใน/ชั้นกลาง (I/M)	4	3	0	1	8	1.000
- ชั้นใน/ชั้นกลาง/ชั้นนอก (I/M/A)	0	1	1	1	3	.003*
- การทำลายเนื้อเยื่อภายนอกผนังหลอดเลือด	0	0	4	3	7	.013*
รวม (ชิ้น)	5	5	5	5	20	

*การทดสอบทางสถิติด้วย Fisher's exact test, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง GSV เฉลี่ย 9.43 มิลลิเมตร

คำอธิบาย: I = ชั้นใน (intima), M = ชั้นกลาง (media), A = ชั้นนอก (adventitia)

พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเสี่ยงของการทำลายเนื้อเยื่อผนังหลอดเลือดระหว่างกลุ่มการทดลอง ($p = .018^*$) การทำลายผนังหลอดเลือดชั้นนอก ($p = .003^*$) และการทำลายของเนื้อเยื่อภายนอกผนังหลอดเลือด ($p = .013^*$) การตั้งค่ากำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที สามารถทำลายผนังหลอดเลือดได้ครบทุกชั้น (I/M/A) โดยไม่ก่อให้เกิดการทำลายของเนื้อเยื่อภายนอก ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่มีความสำคัญในทางปฏิบัติทางคลินิก

วิจารณ์

การศึกษานอกร่างกายครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการจี้ไฟฟ้าเมื่อปรับระดับพลังงานให้เหมาะสม สามารถทำลายผนัง GSV ได้ครบทุกชั้น โดยจำกัดการทำลายของเนื้อเยื่อรอบข้างให้น้อยที่สุด ผลการตรวจและวิเคราะห์ทางพยาธิวิทยาบ่งชี้ว่า การลดกำลังไฟฟ้าเหลือ 50 วัตต์ อาจเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยกว่าโดยไม่ลดทอนประสิทธิภาพในการทำลายผนังหลอดเลือด

กำลังไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดความปลอดภัยของหัตถการ โดยการใช้กำลังไฟฟ้าที่ 50 วัตต์ ให้ผลลัพธ์การทำลายเนื้อเยื่อที่คงที่และสม่ำเสมอ ขณะที่การใช้กำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ สัมพันธ์กับความทำลายเนื้อเยื่อภายนอกที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะเวลาในการจี้มีความสัมพันธ์กับการทำลายผนังหลอดเลือดเพียงเล็กน้อยและไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของการตั้งค่ากำลังไฟฟ้าในด้านความปลอดภัยของหัตถการ

ผลการศึกษาที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในความเสี่ยงของการทำลายผนังหลอดเลือด ($p = .018^*$) การครบทุกชั้นของผนังหลอดเลือด ($p = .003^*$) และการทำลายเนื้อเยื่อภายนอก ($p = .013^*$) ในแต่ละกลุ่มการทดลอง (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับรายงานของ Rossi และคณะ¹³⁻¹⁷ ที่พบว่ากำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที สามารถทำลายผนัง GSV ได้ครบทุกชั้นอย่างสม่ำเสมอ โดยไม่ก่อให้เกิดการทำลายของเนื้อเยื่อโดยรอบ และสอดคล้องกับ Beteli และคณะ¹⁶ ที่สามารถรักษา GSV สำเร็จโดยใช้กำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที ในการทดลองแบบสุ่ม รวมถึง Subwongcharoen¹⁹ ที่พบว่าการใช้คลื่นสั้น

(microwave) ช่วงกำลังความร้อน 50 วัตต์และช่วงเวลา 10 วินาที เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการทำลาย GSV

ผลการศึกษานี้ชี้ว่า การใช้กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที เป็นค่าที่เหมาะสมในแง่ประสิทธิภาพการทำลายผนังหลอดเลือด ในการทดลองภายนอกร่างกาย (ex vivo study) ถือเป็นผลลัพธ์ที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องทางคลินิกและมีนัยต่อการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ ข้อได้เปรียบที่สำคัญของการจี้ไฟฟ้าภายใน GSV คือ อุณหภูมิของบริเวณที่ได้รับการรักษาค่อนข้างต่ำ (เฉลี่ย 47.3°C)¹⁵ ซึ่งต่ำกว่าการรักษาด้วยเลเซอร์หรือคลื่นวิทยุอย่างมีนัยสำคัญ ความร้อนที่ต่ำกว่านี้ช่วยลดความจำเป็นในการใช้ยาชาแบบ tumescent ส่งผลให้ขั้นตอนการทำหัตถการง่ายขึ้น และลดความเจ็บปวดของผู้ป่วย

ข้อจำกัดของการศึกษา แม้ว่าจะใช้หลอดเลือดดำของมนุษย์ในการทดลองแต่มีการฝังไว้ในเนื้อเยื่อหมู จึงอาจทำให้มีการกระจายความร้อนและมีความจุความร้อนที่แตกต่างจากเนื้อเยื่อของมนุษย์ อีกทั้งยังไม่สามารถจำลองลักษณะการไหลของเลือด ซึ่งมีบทบาทในการระบายและการกระจายความร้อนภายในร่างกายได้อย่างสมบูรณ์ ข้อจำกัดของหัตถการที่ไม่ได้ใส่ Tumescent Anesthesia ในแบบจำลองขนาดตัวอย่างยังมีขนาดเล็กเกินไปที่จะคำนวณอัตราส่วนความน่าจะเป็นได้อย่างมีนัยสำคัญ การศึกษานี้ไม่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการปิด GSV ระยะยาวหรือผลลัพธ์ทางคลินิกในผู้ป่วยจริง

การนำไปพัฒนาต่อ การใช้อุปกรณ์จี้ไฟฟ้า ศัลยกรรมมาตรฐานซึ่งมีใช้อย่างแพร่หลายและหาได้ง่ายเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญ ส่งผลให้เทคนิคดังกล่าว

มีศักยภาพในการนำไปใช้จริงในบริบทที่มีทรัพยากรจำกัด ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมที่มีขนาดตัวอย่างมากขึ้น และเปรียบเทียบขนาดของ GSV ที่แตกต่างกัน เพื่อห่ากำลังไฟและระยะเวลาที่เหมาะสมในขนาดหลอดเลือดที่แตกต่างกัน การศึกษาทางคลินิกในอนาคตจึงมีความจำเป็นเพื่อยืนยันผลการค้นพบนี้และประเมินประสิทธิผลในระยะยาวเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรักษาด้วยความร้อนรูปแบบมาตรฐานอื่น ๆ

สรุป

การใช้เครื่องจี้ไฟฟ้ามาตรฐานที่กำลังไฟ 50 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที สามารถรักษา GSV ในชั้นเนื้อผ่านสายสวนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ก่อให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือด ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องจี้ไฟฟ้าศัลยกรรมทั่วไป อาจเป็นทางเลือกสำหรับการรักษา GSV ด้วยการให้ความร้อนภายในหลอดเลือด และควรได้รับการศึกษาทางคลินิกเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลนครปฐมทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยครั้งนี้ แพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ กลุ่มงานศัลยกรรม กลุ่มงานพยาธิวิทยา ห้องผ่าตัด หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน เจ้าหน้าที่สถิติ เจ้าหน้าที่ประสานงาน คณะกรรมการจริยธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย นพ.สมศักดิ์ ธรรมธิตวัฒน์ และ ผศ.ดร.ศากุล ช่างไม้ ที่ทำให้งานสำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. De Maeseneer MG, Kakkos SK, Aherne T, Baekgaard N, Black S, Blomgren L, et al. Editor's Choice – European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2022 clinical practice guidelines on the management of chronic venous disease of the lower limbs. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2022;63(2):184–267. doi: 10.1016/j.ejvs.2021.12.024.
2. กิตติพันธุ์ ฤกษ์เกษม, ศิริธัญญา ศิลาพันธ์, บรรณาธิการ. ตำราโรคเส้นเลือดขอด = Textbook of varicose veins. เชียงใหม่: ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2563.
3. He QF, Cai JY, Cheng M, Feng SJ, Lu QY, Wang F. Global prevalence and risk factors of varicose veins among health care workers: a systematic review and meta-analysis. *BMC Nurs.* 2025;24(1):550. doi: 10.1186/s12912-025-03155-0.
4. Aslam MR, Muhammad Asif H, Ahmad K, Jabbar S, Hayee A, Sagheer MS, et al. Global impact and contributing factors in varicose vein disease development. *SAGE Open Med.* 2022; 10:20503121221118992. doi: 10.1177/20503121221118992.
5. Yang L, Wang X, Wei Z, Zhu C, Liu J, Han Y. The clinical outcomes of endovenous microwave and laser ablation for varicose veins: A prospective study. *Surgery.* 2020;168(5):909–14. doi: 10.1016/j.surg.2020.06.035.

6. Theivacumar NS, Dellagrammaticas D, Beale RJ, Mavor AID, Gough MJ. Factors influencing the effectiveness of endovenous laser ablation (EVLA) in the treatment of great saphenous vein reflux. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2008;35(1):119–23. doi: 10.1016/j.ejvs.2007.08.010.
7. Corcos L, Dini S, Anna DD, Marangoni O, Ferlaino E, Procacci T, et al. The immediate effects of endovenous diode 808-nm laser in the greater saphenous vein: Morphologic study and clinical implications. *J Vasc Surg.* 2005;41(6):1018–24. doi: 10.1016/j.jvs.2005.03.002.
8. Anwar MA, Lane TRA, Davies AH, Franklin IJ. Complications of radiofrequency ablation of varicose veins. *Phlebology.* 2012;27(suppl 1):34–9. doi: 10.1258/phleb.2012.012s21.
9. Bedi HS, Calton N, Kwatra KS, Tewarson V. Histopathological findings of the human great saphenous vein treated with endoluminal radio frequency ablation. *Int Surg J.* 2014;1(1):3–5. doi: 10.5455/2349-2902.isj20140502
10. Gloviczki P, Lawrence PF, Wasan SM, Meissner MH, Almeida J, Brown KR, et al. The 2022 Society for Vascular Surgery, American Venous Forum, and American Vein and Lymphatic Society clinical practice guidelines for the management of varicose veins of the lower extremities. Part I. duplex scanning and treatment of superficial truncal reflux: endorsed by the Society for Vascular Medicine and the International Union of Phlebology. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2023;11(2):231–61.e6. doi: 10.1016/j.jvsv.2022.09.004.
11. Gloviczki P, Lawrence PF, Wasan SM, Meissner MH, Brown KR, Bush RL, et al. The 2023 Society for Vascular Surgery, American Venous Forum, and American Vein and Lymphatic Society clinical practice guidelines for the management of varicose veins of the lower extremities. Part II: endorsed by the society of interventional radiology and the society for vascular medicine. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2024;12(1):101670. doi: 10.1016/j.jvsv.2023.08.011.
12. Siribumrungwong B, Noorit P, Wilasrusmee C, Leelahavarong P, Thakkinstian A, Teerawattananon Y. Cost-utility analysis of great saphenous vein ablation with radiofrequency, foam and surgery in the emerging health-care setting of Thailand. *Phlebology.* 2016;31(8):573–81. doi: 10.1177/0268355515604258.
13. Rossi FH, Izukawa NM, Silva DG, Chen J, Prakasan AK, Zamorano MMB, et al. Effects of electrocautery to provoke endovascular thermal injury. *Acta Cir Bras.* 2011;26(5):329–32. doi: 10.1590/s0102-86502011000500001.
14. Rossi FH, Beteli CB, Zamorano MB, Silva LMD, Metzger PB, Onofre CB, et al. Immediate effects of endovascular electrocauterization in lower limb varicose veins. *J Vasc Bras.* 2012;11(4):305–9. doi: 10.1590/S1677-54492012000400009

15. Rossi FH, Beteli CB, Zamorano MB, Metzger PB, Onofre Rossi CB, Izukawa NM, et al. Experimental determination of the best time and duration for endovenous great saphenous vein electrocoagulation. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2014;2(3):315–9. doi: 10.1016/j.jvsv.2013.11.001.
16. Beteli CB, Rossi FH, De Almeida BL, Izukawa NM, Onofre Rossi CB, Gabriel SA, et al. Prospective, double-blind, randomized controlled trial comparing electrocoagulation and radiofrequency in the treatment of patients with great saphenous vein insufficiency and lower limb varicose veins. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2018;6(2):212–9. doi: 10.1016/j.jvsv.2017.09.010.
17. Rossi FH, Beteli CB, Tannus MM. Long-term outcomes of electrocoagulation versus radiofrequency thermoablation for varicose veins. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2025;13(5):102245. doi: 10.1016/j.jvsv.2025.102245.
18. Lurie F, Passman M, Meisner M, Dalsing M, Masuda E, Welch H, et al. The 2020 update of the CEAP classification system and reporting standards. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2020;8(3):342–52. doi: 10.1016/j.jvsv.2019.12.075.
19. Subwongcharoen S, Praditphol N, Chitwiset S. Endovenous microwave ablation of varicose veins: In vitro, live swine model, and clinical study. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2009;19(2):170–4. doi: 10.1097/SLE.0b013e3181987549.

