ผลของการตัดแต่งเฝือกบริเวณส้นเท้าแบบต่าง ๆ ต่อความแข็งแรงของเฝือกปูน short leg posterior slab

ดำธงค์ ฐาปนกุลศักดิ์ พ.บ., ว.ว.พยาธิวิทยากายวิภาค, ว.ว.ศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความแข็งแรงของ short leg posterior slab แบบย่นพับมุมส้นเท้า แบบตัดพับมุมส้นเท้า แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก และแบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง โดยเปรียบเทียบแรงที่ทำให้เฝือกปูนแตกหักในแนวกดดัด 3 จุด

วิธีดำเนินการวิจัย: เตรียมเฝือกปูน short leg posterior slab บนหุ่นจำลองขาเทียม 5 แบบ คือ แบบย่นพับมุมส้นเท้า (กลุ่ม 1) แบบตัดพับมุมส้นเท้า (กลุ่ม 2) แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า (กลุ่ม 3) แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก (กลุ่ม 4) และแบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง (กลุ่ม 5) แบบละ 20 อัน แต่ละอันจะใช้เฝือกปูนขนาดหน้ากว้าง 6 นิ้ว ซ้อนทับกัน 10 ชั้น ความยาว 21 นิ้ว ในกลุ่มที่ 1 ขณะเฝือกเปียกน้ำลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูปบริเวณส้นเท้าใช้วิธีทั่วไปคือแบบย่นพับมุมบริเวณส้นเท้าทั้ง 2 ด้านคือทั้งด้านในและด้านนอก กลุ่ม 2 ขณะเฝือกเปียกน้ำใช้กรรไกรตัดเฝือกตั้งฉากกับสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าถึงมุมส้นเท้าทั้ง 2 ด้าน ซ้อนทับพับให้เรียบและลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูปบริเวณส้นเท้า กลุ่ม 3 ขณะเฝือกเปียกน้ำใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกส่วนเกินที่พับย่นออก ตัดเรียบขนานกับส้นเท้าทั้ง 2 ด้าน ลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูปบริเวณส้นเท้า กลุ่ม 4 ขณะเฝือกเปียกน้ำใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกยาว 6 ซม.ที่หุ้มด้านข้างส้นเท้าออกเสมอขอบใต้ส้นเท้าทั้งด้านในและด้านนอก ลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูปบริเวณส้นเท้า กลุ่ม 5 ขณะเฝือกเปียกน้ำใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้า 2 แห่งในแนวตั้งฉากถึงแนวขอบใต้ส้นเท้า 1 แห่งและแนวขอบหลังส้นเท้า 1 แห่ง ระยะห่างของแนวตัด 6 ซม. ตัดทั้งด้านในและด้านนอก พับส่วนสันขอบยาว 6 ซม. ทั้ง 2 ด้านไปซ้อนทับเฝือกใต้ส้นเท้าและหลังส้นเท้า ลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูปบริเวณส้นเท้า เฝือกทุกอันจะเก็บไว้ 3 วันก่อนนำไปทำการวัดความหนาและความสูงของสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าและทำการทดสอบความแข็งแรงของเฝือกในแนวกดดัดหักงอ 3 จุดด้วยเครื่องทดสอบแรงกดเพื่อหาแรงที่ทำให้เฝือกปูนแตกหัก

ผลการวิจัย: เฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 1 แบบย่นพับมุมส้นเท้ามีความหนาของสันขอบมากที่สุด โดยมีความหนาเฉลี่ย 13.5 ± 0.8 มม. ซึ่งมากกว่าแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001) เฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 2 แบบตัดพับมุมส้นเท้ามีความสูงของสันขอบมากที่สุด คือมีความสูงเฉลี่ย 72.1 ± 2.3 มม. และแข็งแรงทนต่อแรงที่ทำให้เฝือกปูนแตกหักมากสุด โดยต้องใช้แรงเฉลี่ย 1200.3 ± 303.8 นิวตัน ซึ่งมากกว่าแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001)

สรุป: เฝือกปูน short leg posterior slab แบบตัดพับมุมส้นเท้าแข็งแรงทนทานต่อแรงกดถ่างหักงอได้สูงที่สุด มากกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้า แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก และแบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง

* ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร

Abstract

Effects of Various Modified Heel Slab Techniques on the Strength of Short Leg Posterior Slab

Damrong Thapanakulsak MD

Deparment of Orthopedics, Faculty of Medicine Vajira Hospital, University of Bangkok Metropolis

Objective: To study the strength of short leg posterior slabs done by edge-folded, edge-cut-folded, edge-cut-tangential, edge-cut-off and edged-cut-folded-back heel techniques by comparing the forces causing breakage in 3-point-bending loads.

Methods: Five types of short leg posterior slabs were prepared as the following: short leg posterior slabs with edge-folded heels (group 1), with edge-cut-folded heels (group 2), with edge-cut-tangential heels (group 3), with edge-cut-off heels (group 4), and with edge-cut-folded-back heels (group 5). There were 20 slabs in each group or altogether 100 slabs. Each slab was prepared by molding each gypsum bandage, measuring 6 inches wide x 21 inches long x 10 layers thick, over a short leg model. In group 1, the redundant edges of slabs were folded along the medial and lateral aspects of the heel before molding. In group 2, the redundant edges of slabs were perpendicularly cut and folded along the medial and lateral aspects of the heel before molding. In group 3, the redundant edges of slabs were tangentially cut off along the medial and lateral aspects of the heel before molding. In group 4, the redundant edges of slabs were cut off 6 cm along the medial and lateral aspects of the heel before molding. In group 5, the redundant edges of slabs were perpendicularly cut proximally and distally at 6 cm away from the medial and lateral aspects of the heel and folded back along the heel before molding. Each slab was air-dried for 3 days before its thickness and height of the edges over the heel were measured. The strength of each slab was tested by measuring the forces, generated from the compressing machine, causing breakage in 3-point-bending loads.

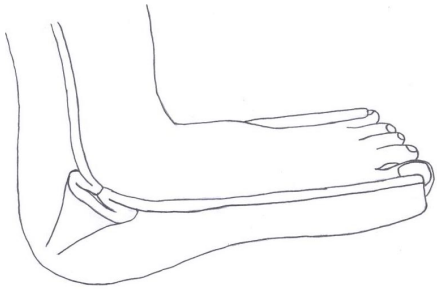
Results: The edge-folded slabs (group 1) had the thickest edge compared to other groups (p-value < 0.001) with mean thickness of 13.5 ± 0.8 mm while the edge-cut-folded slabs (group 2) had the highest edge with mean height of 72.1 ± 2.3 mm (p-value < 0.001). The edge-cut-folded slabs (group 2) were the strongest type with the greatest force causing slab breakage in 3-point-bending loads of 1200.3 ± 300.8 newton (p-value < 0.001).

Conclusion: The strength of short leg posterior slabs with edge-cut-folded heels was the best among the five modified heel slabs.

Keywords: short leg posterior slab, strength, modified heel

บทนำ

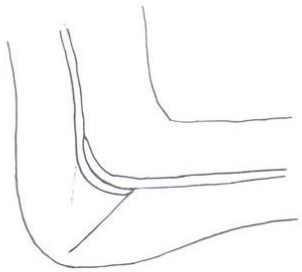
หัตถการทางออร์โธปิดิกส์ชนิดเฝือกปูน short leg posterior slab ใช้ในการรักษาผู้ป่วย ข้อเท้าพลิก กระดูกบริเวณส้นเท้า เท้า หรือนิ้วเท้าแตกหัก[1,2] และในผู้ป่วยหลังผ่าตัดเอ็นหรือกระดูกบริเวณนิ้วเท้า เท้า และข้อเท้า[3-8] เฝือกปูนชนิดนี้จะยาวคลุมปลายนิ้วเท้าของผู้ป่วยอ้อมหลังส้นเท้าถึงใต้ข้อพับหลังเข่า โดยทั่วไปแผ่นเฝือกส่วนที่อ้อมบริเวณหลังส้นเท้าจะต้องพับย่นขอบให้หุ้มบริเวณส้นเท้าทั้งด้านใน (medial) และด้านนอก (lateral) ทำให้มีส่วนพับย่นนูนหนาเป็นสันไม่สวยงามดังรูปที่ 1 และขอบสันพับที่หนาอาจกดทับผิวหนังบริเวณส้นเท้าของผู้ป่วยทำให้เกิดแผลกดทับได้[9]



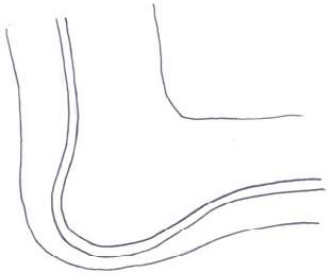
รูปที่ 1 Short leg posterior slab แบบย่นพับมุมส้นเท้า แสดงส่วนขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าพับนูนหนาเป็นสัน

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการใช้กรรไกรตัดแต่งขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าขณะเฝือกเปียกน้ำในลักษณะต่าง ๆ ก่อนลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูปบริเวณส้นเท้าเช่น แบบตัดพับมุมส้นเท้า (รูปที่ 2ก) แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า (รูปที่ 2ข) จะทำให้มีสันขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าเรียบ ไม่เป็นสันพับที่หนา จึงน่าจะลดโอกาสที่สันขอบเฝือกจะกดทับผิวหนังบริเวณข้างส้นเท้าของผู้ป่วยทั้งด้านในและด้านนอก นอกจากนี้ถ้าตัดแต่งเฝือกแบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก (รูปที่ 2ก) หรือแบบตัดขอบมุมส้นเท้าซ้อนพับไปด้านหลัง (รูปที่ 2ง) จะทำให้ไม่มีสันขอบเฝือกหุ้มข้างส้นเท้าที่จะไปกดทับผิวหนังบริเวณข้างส้นเท้าทั้งด้านในและด้านนอก ทำให้เฝือกดูสวยงาม และในกรณีผู้ป่วยที่ต้องใช้ลวดปักยึดตรึงกระดูก มีลวดปักคาข้างส้นเท้า หรือมีแผลผ่าตัดข้างส้นเท้า จะสามารถให้การดูแลแผล ทำความสะอาดแผลหรือลวดที่ปักคาได้สะดวก ไม่มีเฝือกกดทับ นอกจากนี้แบบตัดขอบมุมส้นเท้าซ้อนพับไปด้านหลังจะได้แผ่นเฝือกที่หนาขึ้นใต้ส้นเท้าและหลังส้นเท้าด้วย

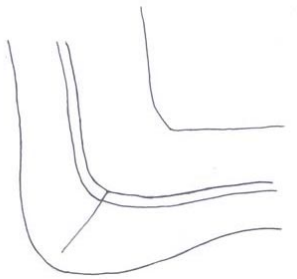
การศึกษาของผู้วิจัยในอดีต[10] ที่ทำการศึกษานำร่องกับเฝือกเพียง 2 แบบพบว่า เฝือกปูนชนิด short leg posterior slab แบบตัดพับมุมส้นเท้าแข็งแรงทนทานต่อแรงกดถ่างหักงอได้มากกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้าทั้งที่มีความหนาของสันขอบบริเวณส้นเท้าน้อยกว่า จึงน่าสนใจว่าการตัดแต่งขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าใน 4 แบบข้างต้นจะทำให้ความแข็งแรงของเฝือกแตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างจาก



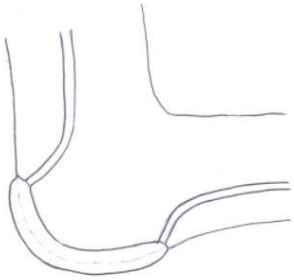
ก.



ค.



ข.



ง.

รูปที่ 2 ขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าภายหลังการตัดแต่งแบบต่าง ๆ **ก.** แบบตัดพับมุมส้นเท้า แสดงส่วนขอบที่ตัดพับเรียบไม่เป็นสันพับนูนหนา **ข.** แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า แสดงส่วนขอบที่เรียบไม่เป็นสันพับนูนหนาและไม่มีขอบที่ซ้อนทับกัน **ค.** แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก **ง.** แบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง

เฝือกแบบย่นพับมุมส้นเท้าที่ใช้อยู่เดิมอย่างไร จากการทบทวนวรรณกรรมไม่พบการศึกษาถึงผลของการตัดแต่งขอบเฝือกปูนที่หุ้มส้นเท้าในหลายลักษณะข้างต้นต่อความแข็งแรงของเฝือกปูน short leg posterior slab มาก่อน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแรงที่ทำให้เฝือกปูนแตกหักในแนวกดดัด 3 จุด ของ short leg posterior slab แบบย่นพับมุมส้นเท้า แบบตัดพับมุมส้นเท้า แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก และแบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรง รวมทั้งความหนา และความสูงของสันขอบเฝือกปูนบริเวณส้นเท้าของเฝือกปูน short leg posterior slab แบบต่าง ๆ 5 แบบ โดยแต่ละแบบจะศึกษาในเฝือกปูนแบบละ 20 อัน

การเตรียมเฝือกปูนชนิด short leg posterior slab ทั้ง 5 แบบ รวมทั้งหมด 100 อัน ใช้เฝือกปูน POP (plaster of Paris) extra-fast ขนาดกว้าง 6 นิ้ว มาซ้อนทับกัน 10 ชั้น ความยาว 21 นิ้ว แช่น้ำที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ในอุณหภูมิห้อง โดยจับที่ปลายเฝือกปูนข้างละมือแล้วหย่อนปลายเฝือกข้างขวาลงในอ่างน้ำพร้อม ๆ กับเลื่อนให้ส่วนที่ผ่านน้ำในอ่างเปียกและยกขึ้นเหนือผิวน้ำทันที เรื่อยไปจนถึงปลายข้างซ้ายที่ถืออยู่ หลังจากนั้นจึงยกปลายที่จุ่มก่อนขึ้นสูงเหนืออ่างน้ำพร้อมกับปล่อยมือซ้ายห้อยแผ่นเฝือกในแนวดิ่งเหนืออ่างน้ำ หลังจากนั้นจึงเอานิ้วมือข้างซ้าย คีบ รีดน้ำที่เปียกเกินพอลงในอ่าง เพื่อให้เฝือกเปียกน้ำโดยทั่วแต่ไม่แฉะและเรียบแนบเป็นแผ่นเดียว[11,12] นำเฝือกไปวางทาบบนหุ่นขาเทียมด้านฝ่าเท้า จากปลายนิ้วเท้า แนบหุ้มส้นเท้าแนบหลังน่องถึงใต้เข่า ขณะเฝือกเปียกน้ำ และทำการตัดแต่งเฝือกบริเวณส้นเท้าต่าง ๆ กัน 5 แบบดังนี้

กลุ่ม 1 แบบย่นพับมุมส้นเท้า พับสันขอบส่วนเกินบริเวณส้นเท้าทั้งด้านในและด้านนอก ซ้อนทับพับย่น และลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูป (รูปที่ 1)

กลุ่ม 2 แบบตัดพับมุมส้นเท้า ใช้กรรไกรตัดแนวตั้งฉากกับสันขอบที่เกินบริเวณส้นเท้าตัดถึงมุมส้นเท้าของสันขอบด้านในและด้านนอก ด้านละ 1 แห่ง และซ้อนพับให้เรียบสม่ำเสมอ แนบข้างส้นเท้า[13] และลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูป (รูปที่ 2ก)

กลุ่ม 3 แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า ใช้กรรไกรตัดสันขอบส่วนเกินที่พับย่นออก ตัดเรียบขนานกับข้างส้นเท้าของทั้งสันขอบด้านในและด้านนอก ด้านละ 1 แห่งและลูบปั้นเฝือกให้เรียบแนบข้างส้นเท้า (รูปที่ 2ข)

กลุ่ม 4 แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก ใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกยาว 6 ซม. ที่หุ้มด้านข้างส้นเท้าออกเสมอขอบใต้ส้นเท้าของทั้งสันขอบด้านในและด้านนอก (รูปที่ 2ค)

กลุ่ม 5 แบบตัดขอบมุมส้นเท้าซ้อนพับไปด้านหลัง ใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้า 2 แห่งในแนวตั้งฉากถึงแนวขอบใต้ส้นเท้า 1 แห่ง และแนวขอบหลังส้นเท้า 1 แห่ง ระยะห่างของแนวตัดที่ 6 ซม. ตัดทั้งสันขอบด้านในและด้านนอก พับส่วนสันขอบ 6 ซม. ทั้ง 2 ด้านไปซ้อนทับแผ่นเฝือกใต้ส้นเท้าและหลังส้นเท้า (รูปที่ 2ง)

เฝือกแต่ละอันจะเปลี่ยนน้ำทุกครั้งที่แช่เฝือก และเมื่อลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูป พักรอให้เฝือกเริ่มร้อน และรอให้เฝือกแข็งเย็น 5 นาที จึงนำเฝือกปูนออกจากหุ่นขาเทียมมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 3 วันให้เฝือกแห้งแข็งดี แล้วนำไปวัดความหนาและความสูงของสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าและนำไปทดสอบแรงกดต่อไป

การวัดความหนาและความสูงของสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้า เนื่องจากเฝือกแต่ละอันจะมีสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้า 2 ด้านคือด้านในและด้านนอก ผู้วิจัยใช้ vernier caliper วัดความหนาของสันขอบเฝือกส่วนที่หนาสุดบริเวณส้นเท้าและวัดความสูงของสันขอบเฝือกส่วนที่ยาวสุดจากมุมส้นเท้าของสันขอบทั้ง 2 ด้านในเฝือกแต่ละอัน และคำนวณหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 สันขอบด้านในและด้านนอก เป็นค่าความหนาและความสูงของสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าของเฝือกแต่ละอัน หน่วยเป็นมิลลิเมตร

การทดสอบความแข็งแรงของเฝือกในแนวกดดัดหักงอ 3 จุด ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด Shimadzu รุ่น UH-F500KNI ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดังรูปที่ 3 ที่อุณหภูมิห้อง โดยเพิ่มแรงทดสอบ 5 นิวตัน

รูปที่ 3 การทดสอบแรงกดในแนวกดดัดหักงอ 3 จุด

ต่อวินาที กดลงที่บริเวณมุมส้นเท้าของเฝือกในแนวแรงกิริยา เพื่อหาแรงที่ทำให้เฝือกปูนแตกหัก แรงที่ทำให้เฝือกปูนแตกหักคือค่าแรงสูงสุดที่กระทำต่อเฝือกปูนจนแตกหักถึงจุด ultimate strength เนื่องจากเฝือกปูนเป็นวัสดุเปราะจะไม่มีจุดคราก (yield point) คือ ความเค้นจุดคราก (yield strength) ชัดเจน[14,15] โดยสังเกตจากเส้นกราฟแสดงเส้นโค้งความเค้น-ความเครียด (stress-strain curve) แสดงค่าแรงสูงสุดก่อนลดลง[16] หรือจุดที่เห็นเฝือกแตกหัก หน่วยเป็นนิวตัน

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5 รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% confidence interval) เปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดแรงที่ทำให้เฝือกแตกหัก ความหนาและความสูงของสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าของทั้ง 5 กลุ่มด้วย ANOVA และ Tamhane's post hoc testsโดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

เฝือกปูน short leg posterior slab แบบย่นพับมุมส้นเท้า (กลุ่ม 1) มีความหนาของสันขอบมากที่สุด 13.5 ± 0.8 มม. แบบตัดพับมุมส้นเท้า (กลุ่ม 2) มีความสูงของสันขอบมากที่สุด 72.1 ± 2.3 มม. ดังตารางที่ 1 และแบบตัดพับมุมส้นเท้า (กลุ่ม 2) แข็งแรงทนต่อแรงที่ทำให้เฝือกแตกหักมากที่สุดซึ่งทนแรงได้ถึง 1200.3 ± 303.8 นิวตัน ดังตารางที่ 2

การเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างกลุ่ม พบว่าความหนาของสันขอบกลุ่ม 1 หนากว่ากลุ่ม 2 และ 3 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001) กลุ่ม 4 และ 5 ไม่มีสันขอบ ความสูงของสันขอบกลุ่ม 2 สูงกว่ากลุ่ม 3 (p-value 0.021) และ 1 (p-value < 0.001) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แรงที่ทำให้เฝือกแตกหักกลุ่ม 2 มากกว่ากลุ่ม 1 (p-value < 0.001) มากกว่ากลุ่ม 3 (p-value < 0.001), มากกว่ากลุ่ม 4

ตารางที่ 1 ความหนาและความสูงของสันขอบของเฝือกปูน short leg posterior slab

กลุ่มเฝือกปูน	ความหนาของสันขอบ (มม.)			ความสูงของสันขอบ (มม.)		
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ[a] เพิ่ม(+)/ลด(-)	p-value	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ[a] เพิ่ม(+)/ลด(-)	p-value
กลุ่ม 1 (n = 20) แบบย่นพับมุมส้นเท้า	13.5 ± 0.8	-	-	65.4 ± 3.0	-	-
กลุ่ม 2 (n = 20) แบบตัดพับมุมส้นเท้า	9.5 ± 0.8	-29.6	<0.001[a]	72.1 ± 2.3	+10.2	<0.001[a]
กลุ่ม 3 (n = 20) แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า	7.4 ± 0.6	-45.2	<0.001[a] <0.001[b]	70.0 ± 1.8	+7.0	<0.001[a] 0.021[b]
กลุ่ม 4 (n = 20) แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก	0	-100	<0.001[a] <0.001[b] <0.001[c]	0	-100	<0.001[a] <0.001[b] <0.001[c]
กลุ่ม 5 (n = 20) แบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง	0	-100	<0.001[a] <0.001[b] <0.001[c] 1.000[d]	0	-100	<0.001[a] <0.001[b] <0.001[c] 1.000[d]

[a] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 1, [b] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 2, [c] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 3, [d] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 4

ตารางที่ 2 แรงที่ทำให้เฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่มต่าง ๆ แตกหัก

กลุ่มเฝือกปูน	แรงที่ทำให้เฝือกแตกหัก (นิวตัน)			
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	ร้อยละ[a] เพิ่ม(+)/ลด(-)	p-value
กลุ่ม 1 (n = 20) แบบย่นพับมุมส้นเท้า	727.0 ± 145.7	658.8-795.2	0	-
กลุ่ม 2 (n = 20) แบบตัดพับมุมส้นเท้า	1,200.3 ± 303.8	1,058.1-1,342.4	+65.1	<0.001[a]
กลุ่ม 3 (n = 20) แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า	514.5 ± 75.8	479.0-550.0	-29.2	<0.001[a] <0.001[b]
กลุ่ม 4 (n = 20) แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก	231.5 ± 62.8	202.1-260.9	-68.2	<0.001[a] <0.001[b] <0.001[c]
กลุ่ม 5 (n = 20) แบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง	109.0 ± 26.9	177.4-202.6	-85.0	<0.001[a] <0.001[b] <0.001[c] 0.110[d]

[a] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 1, [b] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 2, [c] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 3, [d] เปรียบเทียบกับกลุ่ม 4
95% CI = 95% confidence interval

(p-value < 0.001) และ มากกว่ากลุ่ม 5 (p-value < 0.001) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แรงที่ทำให้เฝือกแตกหักกลุ่ม 1, 2 และ3 (มีสันขอบ) มากกว่ากลุ่ม 4 และ 5 (ไม่มีสันขอบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001) แรงที่ทำให้เฝือกแตกหักกลุ่ม 4 และ 5 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.110)

วิจารณ์

บริเวณส่วนพับงอหุ้มรอบส้นเท้าของเฝือกปูนชนิด short leg posterior slab เป็นจุดที่มักพบปัญหาในการติดตามการรักษาผู้ป่วยได้บ่อย เช่น เฝือกปูนแตกหักบริเวณส่วนพับงอหุ้มรอบส้นเท้า ทำให้ต้องทำเฝือกปูนอันใหม่ เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ผลการรักษาไม่ดี หรือพบว่าบริเวณส่วนพับงอหุ้มรอบส้นเท้ามีรอยพับย่นเป็นสันหยักหนา กดทับผิวหนังผู้ป่วยเป็นรอย และอาจเป็นแผลกดทับบริเวณส้นเท้าแทรกซ้อนได้

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้ใช้กรรไกรตัดแต่งสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าทั้ง 2 ด้าน ใน 4 ลักษณะ (กลุ่ม 2-กลุ่ม 5) ก่อนลูบปั้นเฝือกให้เข้ารูป ซึ่งการตัดแต่งสันขอบเฝือกทั้ง 4 ลักษณะเป็นการตัดแต่งเฝือกปูนที่ไม่ยุ่งยาก ใช้อุปกรณ์คือกรรไกรตัดเฝือก ซึ่งเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่มีประจำห้องเฝือก ใช้เวลาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเฝือกทั้ง 4 แบบนี้มีสันขอบที่หุ้มรอบส้นเท้าเรียบ บางลง หรือไม่มีสันขอบเลย แตกต่างจากแบบย่นพับมุมส้นเท้า (กลุ่ม 1) ที่ทำอยู่

ผลการวิจัยพบว่าเฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 2 แบบตัดพับมุมส้นเท้าแข็งแรงทนต่อแรงกดดัดแตกหักได้สูงที่สุด โดยทนต่อแรงได้มากกว่าแบบเดิม (กลุ่ม 1) ร้อยละ 65.1 มีสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าเรียบบางลงร้อยละ 29.6 และสันขอบสูงขึ้นร้อยละ 10.2 ซึ่งการที่สันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าถูกตัดตั้งฉากถึงมุมส้นเท้าและซ้อนทับพับจนเรียบ ไม่เป็นรอยพับหยักย่น ทำให้การ

ลูบปั้นเฝือกขณะเฝือกเปียกน้ำ ผลึกปูนพลาสเตอร์จะประสานเชื่อมต่อเป็นเนื้อแผ่นเรียบเดียวกัน แผ่เรียบบางลง สันขอบเฝือกจึงสูงขึ้น หลังจากเฝือกปูนแข็งตัวจะได้เฝือกปูนที่แข็งแรงทนทานต่อแรงดัดงอมากกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้า ซึ่งการพับหยักย่นผลึกปูนพลาสเตอร์จะไม่ประสานเชื่อมต่อเป็นเนื้อแผ่นเรียบเดียวกันแต่เป็นสันขอบหยักหนา กระจุกตัวแทน ผลการวิจัยส่วนนี้ไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยเดิมในอดีต[10] ที่ทำในกลุ่มตัวอย่างที่น้อยกว่าคือกลุ่มละ 5 อัน และพบว่าเฝือกปูน short leg posterior slab แบบตัดพับมุมส้นเท้าทนต่อแรงที่ทำให้เฝือกแตกหักที่ 1,680 นิวตัน มากกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้าที่ทนต่อแรงที่ 655 นิวตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 156.5 ความหนาของสันขอบแบบตัดพับมุมส้นเท้าคือ 10.2 มม. บางลงกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้าคือ 15.1 มม. ร้อยละ 32.5 แต่การศึกษาดังกล่าวไม่ได้ศึกษาความสูงของสันขอบ จะเห็นว่าผลการวิจัยที่ได้ในการศึกษานี้ การที่สันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าเรียบบางลงร้อยละ 29.6 และสันขอบเฝือกสูงขึ้นร้อยละ 10.2 ในขณะใช้งานกับผู้ป่วยแรงกดทับที่เฝือกกระทำต่อผิวหนังบริเวณข้างส้นเท้าทั้งด้านในและนอกน่าจะลดลงตามหลักกลศาสตร์เนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเฝือกกับผิวหนังที่เพิ่มมากขึ้นตามความสูงที่เพิ่ม แรงกดกระจายตัวสม่ำเสมอเนื่องจากสันขอบเฝือกเรียบสัมผัสกับผิวหนังเรียบสนิท น่าจะลดปัญหาสันขอบนูนพับหยักย่น กดทับผิวหนังเป็นหย่อม ๆ

เฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 3 แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้าแข็งแรงทนต่อแรงกดดัดแตกหักลดลงจากแบบเดิม (กลุ่ม 1) ร้อยละ 29.2 มีสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าเรียบบางลงร้อยละ 45.2 และสันขอบสูงขึ้นร้อยละ 7.0 พบว่าการใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกส่วนเกินที่พับย่นออก ตัดเรียบขนานกับส้นเท้าทั้งด้านในและด้านนอกและลูบปั้นเฝือกให้เรียบแนบข้างส้นเท้า สันขอบมุมส้นเท้าที่เหลือจะแตะชิดเรียบเสมอกัน ถึงแม้ว่าจะทำการลูบปั้นเฝือกขณะเฝือกเปียกน้ำให้ผลึกปูนพลาสเตอร์ประสานเชื่อมต่อเป็นเนื้อแผ่นเรียบเดียวกัน แต่ผิวสัมผัสของผลึกปูนพลาสเตอร์ยังน้อยกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้า เฝือกจึงแข็งแรงทนต่อแรงกดดัดแตกหักลดลง การที่สันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าเรียบบางลงร้อยละ 45.2 สันขอบสูงขึ้นร้อยละ 7.0 ก็น่าจะลดแรงกดทับที่เฝือกกระทำต่อผิวหนังบริเวณข้างส้นเท้าของผู้ป่วย

เฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 4 แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก และกลุ่ม 5 แบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง แม้ว่ามีข้อดีคือไม่มีสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าที่จะไปกดทับผิวหนังบริเวณข้างส้นเท้าของผู้ป่วย แต่เฝือกทั้งกลุ่ม 4 และกลุ่ม 5 แข็งแรงทนต่อแรงกดดัดแตกหักลดลงจากแบบเดิม (กลุ่ม 1) ร้อยละ 68.2 และร้อยละ 85.0 ตามลำดับ ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเทียบกับกลุ่มที่มีสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้า (กลุ่ม 1, 2 และ 3) พบว่าสันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้าทั้ง 2 ด้านของเฝือกปูน short leg posterior slab ในกลุ่ม 1, 2 และ 3 มีลักษณะหน้าตัดขวางเป็นรูปตัว U ทำให้แข็งแรงทนทานต่อแรงกดดัดแตกหักได้สูงกว่าแบบไม่มีสันขอบในกลุ่ม 4 ซึ่งมีลักษณะหน้าตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แบน ๆ และในกลุ่ม 5 ซึ่งมีลักษณะหน้าตัดขวางเป็นรูปตัว C คว่ำ[17] การที่สันขอบเฝือกบริเวณส้นเท้ามีลักษณะหน้าตัดขวางเป็นรูปตัว U (กลุ่ม 1, 2 และ 3) ทำให้มีพื้นที่หน้าตัดที่มากกว่า จึงทนแรงกระทำได้มากกว่า ทำให้แข็งแรงกว่าตามหลักกลศาสตร์ที่ว่าแรงภายนอกกระทำต่อวัสดุเกิดแรงต้านภายในกระจายตลอดพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ[17,18]

ความแข็งแรงของวัสดุคือ ความสามารถในการต้านทานความเค้นสูงสุดที่วัสดุทนได้ก่อนการแตกหักในทางวิศวกรรม[14] ในการทดสอบความแข็งแรงของเฝือกปูน short leg posterior slab ผู้วิจัยใช้การทดสอบวัสดุแบบทำลาย[18] ในแนวกดดัดหักงอ 3 จุด เพื่อหาค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เฝือกแตกหักบริเวณส้นเท้า เสมือนการแตกหักจริงด้วยเครื่องทดสอบแรงกดในลักษณะแรงที่อยู่นิ่ง โดยเพิ่มขนาดแรงทดสอบ 5 นิวตันต่อวินาที กดลงที่บริเวณมุมส้นเท้าของเฝือกในแนวแรงกิริยา ปลายเฝือกทั้ง 2 ด้านที่วางคว่ำบนแท่นรองจะเกิดแนวแรงปฏิกิริยา 2 แรง กระทำการดัดให้เฝือกแตกหัก ซึ่งค่าแรงกิริยาที่วัดได้ที่บริเวณมุมส้นเท้าจะเท่ากับผลรวมของแรงปฏิกิริยา 2 แรง ที่กระทำที่ปลายเฝือกทั้ง 2 ด้าน เสมือนเวลาใช้งานจริงขณะที่ผู้ป่วยยืนแบบไม่ลงน้ำหนักขาข้างที่ใส่เฝือกหรือนั่งห้อยขา น้ำหนักเท้าและปลายเท้าข้างที่บาดเจ็บจะดันบริเวณปลายเฝือกให้ถ่างอ้าออกหรือขณะที่ผู้ป่วยเกร็งหดกล้ามเนื้อน่องก็จะเกิดแรงกดปลายเท้าลงดันเฝือกให้ถ่างอ้าออก ส่วนต้นเฝือกบริเวณน่องก็จะมีแรงต้านเกิดขึ้นอยู่ด้านหลังดันต้นเฝือกให้ถ่างอ้าออก ทำให้เฝือกแตกหักบริเวณรอยพับงอที่ส้นเท้าได้บ่อยในลักษณะแนวแรงกระทำกดดัด 3 จุด (three point loading) คือกดดัดที่ปลายเฝือก 1 จุด ที่ต้นเฝือก 1 จุด และส้นเท้า 1 จุด[10,19]

การศึกษาทางกลศาสตร์พบว่าในคนน้ำหนักตัว 65 กก. ขณะยืนแบบไม่ลงน้ำหนักขาหรือนั่งห้อยขาจะมีแรงกดในข้อเท้า 20.3 นิวตัน ขณะเดินจะมีแรงกดในข้อเท้า 358 นิวตัน มีแรงดึงใน Achilles tendon 254 นิวตัน ขณะวิ่งจะมีแรงกดในข้อเท้า 845 นิวตัน มีแรงดึงใน Achilles tendon 501 นิวตัน ขณะกระโดดที่ความเร็ว 3.4 เมตรต่อวินาที มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น (vertical ground reaction force) 1,105 นิวตัน[19]

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าแรงที่ทำให้เฝือกปูนแตกหักที่ได้จากการวิจัยพบว่าเฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 2 แบบตัดพับมุมส้นเท้าทำให้เฝือกปูนแข็งแรงมากขึ้นทนต่อแรงกดดัด

แตกหักได้เฉลี่ย 1200.3 ± 303.8 นิวตัน ซึ่งถึงระดับที่คนน้ำหนักตัว 65 กก. กระโดด เฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 1 แบบย่นพับมุมส้นเท้าที่ใช้อยู่เดิม และกลุ่ม 3 แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้าแข็งแรงทนต่อแรงกดดัดแตกหักได้เฉลี่ย 727.0 ± 145.7 และ 514.5 ± 75.8 นิวตัน ตามลำดับ คือในระดับที่คนน้ำหนักตัว 65 กก. เดิน เฝือกปูน short leg posterior slab กลุ่ม 4 แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออกและกลุ่ม 5 แบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลังแข็งแรงทนต่อแรงกดดัดแตกหักได้เฉลี่ย 231.5 ± 62.8 และ 109.0 ± 26.9 นิวตัน ตามลำดับ คือในระดับที่คนน้ำหนักตัว 65 กก. ยืนแบบไม่ลงน้ำหนักขาหรือนั่งห้อยขา จะเห็นว่าการตัดแต่งขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าตามแนวคิดของผู้วิจัยในแบบตัดพับมุมส้นเท้า ทำให้เฝือกปูนแข็งแรงขึ้นมากและสันขอบสูงขึ้นเล็กน้อย แต่เรียบบางลงกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้าเดิมที่ใช้อยู่ นอกจากจะได้เฝือกที่แข็งแรงทนทานมากขึ้น สันขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าเรียบบางลงและสูงขึ้นจะมีผลให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเฝือกกับผิวหนังที่เพิ่มมากขึ้นตามความสูงที่เพิ่ม แรงกดกระจายตัวสม่ำเสมอเนื่องจากสันขอบเฝือกเรียบบางลงสัมผัสกับผิวหนังเรียบสนิทมากกว่าเฝือกปูนแบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้ามีความแข็งแรงลดลงบ้างแต่สันขอบบางลง เรียบกว่าเดิมมาก ส่วนแบบตัดขอบมุมส้นเท้าออกและแบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง ทำให้ไม่มีสันขอบที่จะกดทับผิวหนังที่บางข้างส้นเท้าของผู้ป่วย ความแข็งแรงของเฝือกปูนลดลงมาก แต่ยังแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานกับผู้ป่วยที่ปฏิบัติตามคำแนะนำหลังการใส่ short leg posterior slab ที่ไม่ลงน้ำหนักขาข้างที่ใส่เฝือกขณะเดินหรือผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัวน้อย

การวิจัยนี้มีการควบคุมคุณสมบัติของเฝือกในขั้นตอนการเตรียมเฝือก ชนิดของเฝือกที่ใช้ ขนาดเฝือก ขั้นตอนการทำเฝือก อุณหภูมิน้ำที่ใช้ทำเฝือก และอุณหภูมิห้อง[14] เปลี่ยนน้ำทุกครั้งที่แช่เฝือกเพื่อลดการสะสมของผลึกปูนพลาสเตอร์ในน้ำที่จะขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าทำปฏิกิริยากับผลึกปูนพลาสเตอร์ขณะจุ่มเฝือก เก็บเฝือกให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 3 วันเพื่อลดความชื้นในเฝือกปูน เนื่องจากคุณสมบัติของปูนถ้าดูดซึมน้ำไว้มาก พรุนมาก จะมีความแข็งแรงลดลง[18]

การใช้กรรไกรตัดเฝือกตั้งฉากกับสันขอบบริเวณส่วนพับงอทั้ง 2 ด้าน ซ้อนทับพับให้เรียบและลูบปั้นเฝือกให้เรียบเข้ารูป น่าจะสามารถนำไปใช้กับเฝือกปูนชนิดแผ่นเพื่อรักษาส่วนอื่น ๆ ของร่างกายผู้ป่วยอาทิ long arm slab ซึ่งน่าจะทำให้เฝือกปูนแข็งแรงทนทานต่อแรงกดถ่างหักงอมากขึ้นและสันขอบเฝือกส่วนที่พับงอบริเวณข้อศอกมีขอบเรียบไม่เป็นสันหยักหนาที่อาจจะกดทับผิวหนัง ปุ่มกระดูกหรือเส้นประสาทบริเวณข้อศอกของผู้ป่วย หรือ ulnar gutter slab ก็สามารถตัดพับสันขอบเฝือกส่วนที่หักงอบริเวณ metacarpophalangeal joint และลูบปั้นเฝือกให้เรียบเข้ารูป สวยงามและแข็งแรงทนทานมากขึ้นได้ ซึ่งควรจะได้มีการศึกษาต่อไป

การใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกออกในผู้ป่วยที่ต้องใช้ลวดปักยึดตรึงกระดูก มีลวดปักคาข้างส้นเท้าหรือมีแผลผ่าตัดข้างส้นเท้าเพื่อจะได้ดูแลแผล ทำความสะอาดแผลหรือลวดที่ปักคาได้สะดวก ไม่มีเฝือกกดทับ จากการวิจัยนี้พบว่าสามารถทำได้แต่ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของเฝือกที่ลดลงกว่าแบบเดิมมาก แต่ยังแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานกับผู้ป่วยที่ปฏิบัติตามคำแนะนำหลังการใส่ short leg posterior slab ที่ไม่ลงน้ำหนักขาข้างที่ใส่เฝือกขณะเดิน การวิจัยนี้ยังชี้ว่าไม่ควรทำการตัดขอบเฝือกบริเวณมุมส้นเท้าพับไปด้านหลังเพราะจะทำให้เฝือกแข็งแรงลดลงมากกว่าการใช้กรรไกรตัดสันขอบเฝือกออก อธิบายตามหลักกลศาสตร์ที่ว่าแรงภายนอกกระทำต่อวัสดุเกิดแรงต้านภายในกระจายตลอดพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ[17,18] ซึ่งการตัดขอบเฝือกบริเวณมุมส้นเท้าพับไปด้านหลังทำให้มีพื้นที่หน้าตัดที่มากกว่าในวัสดุชนิดเดียวกันก็จริงแต่เกิดจุดเปลี่ยนฉับพลันของพื้นที่หน้าตัดรูปตัว U เป็นตัว C คว่ำบริเวณสันขอบที่ตัดตั้งฉากและซ้อนพับทับกับแผ่นเฝือกใต้ส้นเท้าทำให้เกิดจุดแตกหักที่ตำแหน่งจุดเปลี่ยนนี้ได้[17]

ข้อจำกัดของการวิจัยนี้คือเป็นการทดสอบแรงกดที่กระทำในลักษณะแรงที่อยู่นิ่ง (static load) เพิ่มแรงกดด้วยอัตราคงที่เพื่อหาแรงสูงสุดที่ทำให้เฝือกปูนแตกหัก[15,20] ยังไม่ได้ทดสอบวัสดุเฝือกในลักษณะแรงกระแทก[15,20] (dynamic load) ที่เป็นแรงเคลื่อนที่มากระแทกให้เฝือกแตกหัก ซึ่งในการใช้เฝือกปูนรักษาผู้ป่วยจริงอาจเกิดแรงกระแทกในลักษณะนี้ ถ้าผู้ป่วยเกร็งกล้ามเนื้อน่องถีบเท้าอย่างเร็ว แต่ในข้อปฏิบัติหลังการใส่เฝือก ผู้ป่วยจะได้รับคำแนะนำให้ระมัดระวังและควบคุมการบริหารกล้ามเนื้อน่องอยู่แล้ว และยังไม่ได้ทดสอบวัสดุเฝือกในลักษณะแรงที่กระทำซ้ำ[15,20] (cyclic load) เป็นแรงขนาดน้อยกว่าแต่กระทำในลักษณะซ้ำ ๆ สะสมจนเฝือกปูนแตกหักได้ ซึ่งในการใช้เฝือกปูนรักษาผู้ป่วยจริง แรงกระทำต่อเฝือกปูนในลักษณะนี้พบน้อยมากคือผู้ป่วยต้องกดข้อเท้าหรือเท้าด้วยความถี่ที่มากอย่างสม่ำเสมอ

โดยสรุปเฝือกปูน short leg posterior slab แบบตัดพับมุมส้นเท้าแข็งแรงทนทานต่อแรงกดถ่างหักงอได้สูงที่สุด มากกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้า แบบตัดเรียบเสมอขอบมุมส้นเท้า แบบตัดขอบมุมส้นเท้าออก และแบบตัดขอบมุมส้นเท้าพับไปด้านหลัง โดยมีความหนาของสันขอบเฝือกเรียบบางลง และความสูงของสันขอบเฝือกสูงขึ้นกว่าแบบย่นพับมุมส้นเท้าที่ใช้อยู่เดิม

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่เปรียบเทียบความแข็งแรงของ short leg posterior slab ด้วยเครื่อง

ทดสอบ[21] การศึกษาในผู้ป่วยจริงน่าจะช่วยยืนยันว่าเฝือกปูน short leg posterior slab แบบตัดพับมุมส้นเท้าทนต่อการแตกหักได้มากที่สุด และการตัดแต่งขอบเฝือกที่หุ้มส้นเท้าตามแนวคิดของผู้วิจัยจะช่วยให้ผู้ป่วยสบายขึ้น เจ็บส้นเท้าน้อยกว่า เกิดแผลกดทับน้อยกว่าจริงหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมการวิจัยทางการแพทย์ คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร ขอขอบคุณ นายอำนวย เส็มไข นายถวันโรจน์ จรรยานิมิตร์ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้ให้คำแนะนำและปรับตั้งเครื่องทดสอบความแข็งแรงของเฝือกในแนวกดดัดหักงอ 3 จุด ขอขอบคุณหัวหน้าภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์ และคณบดีแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานครที่อนุญาตให้นำผลงานวิจัยนี้มานำเสนอได้

เอกสารอ้างอิง

1. Della GJ, Sangeorzan BJ. Navicular and midfoot injuries. In: DiGiovanni CW, Greisberg J, editors. Foot and ankle: core knowledge in orthopaedics. Philadelphia: Elsevier; 2007. p.297-309.
2. Banerjee R, Nickisch F. Calcaneus fractures. In: DiGiovanni CW, Greisberg J, editors. Foot and ankle: core knowledge in orthopaedics. Philadelphia: Elsevier; 2007. p.267-82.
3. Hall RL. Injuries of the posterior tibial tendon. In: Pfeffer GB, Frey CC, editors. Current practice in foot & ankle surgery. vol 2. San Francisco: Mc Graw-Hill; 1994. p.124-56.
4. Jones DC. Posterior heel pain. In: Pfeffer GB, Frey CC, editors. Current practice in foot & ankle surgery. vol 2. San Francisco: Mc Graw-Hill; 1994. p. 173-89.
5. Pfeffer GB. Forefoot reconstruction for rheumatoid disease. In: Pfeffer GB, Easley ME, Frey CC, Hintermann B, Sands AK, editors. Operative techniques: foot and ankle surgery. Philadelphia: WB Saunders; 2010. p.87-99.
6. Easley ME, Nunlly II JA. Open reduction and internal fixation of proximal fifth metatarsal (Jones' or stress) fracture. In: Pfeffer GB, Easley ME, Frey CC, Hintermann B, Sands AK, editors. Operative techniques: foot and ankle surgery. Philadelphia: WB Saunders; 2010. p.277-86.
7. Thordarson DB. Talus fracture: open reduction and internal fixation. In: Kitaoka HB, editor. The foot and ankle. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002. p.469-86.
8. Kitaoka HB. Talocalcaneal (Subtalar) arthodesis. In: Kitaoka HB, editor. The foot and ankle. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002. p.387-99.
9. Connolly JF. Nonoperative fracture treatment. In: Bucholz RW, Heckman JB, Court-Brown C, editors. Rockwood and Green's fractures in adults. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. p.175-7.
10. Thapanakulsak D. Comparison of force causing breakage of short leg posterior slabs done by edge-folded and edge-trimmed types. Vajira Med J 2009; 53: 267-71.
11. Techakumput S. Plaster cast techniques. Bangkok: Charoenvit printing; 1985. p.1-35. (In Thai)
12. Naovaratanophas P. Orthopaedic procedure. Bangkok: PB Foreign Books Center; 1999. p.55-84. (In Thai)
13. Chapman MW. Principles of closed treatment of fractures and dislocations. In: Chapman MW, Madison M, editors. Operative orthopedics. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott Company; 1993. p.266-81.
14. Tarajindawong S. The strength of materials. Bangkok: Pattana wichakarn; 2006. p.2-10, 29-44. (In Thai)

15. Devanichakul T. Mechanics of materials. Pathum Thani: Printing operations center. Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2009. p.1-46. (In Thai)
16. Wright TM, Li S. Biomaterials. In: Buckwalter JA, Einhorn TA, Simon SR, editors. Orthopaedic basic science. 2nded. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2000. p.182-215.
17. Kasipa C. The strength of materials. Bangkok: Chuanpim; 1979. p.200-48. (In Thai)
18. Karnjanavarong U. Material testing. Bangkok: Skybooks; 2002. p.7-19, 55-73, 140-67. (In Thai)
19. Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical basis of human movement. 3rded. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. p.367-405, 411-55.
20. Watanasriyakul S. Material testing. Bangkok: Green World Media; 2006. p.1-8. (In Thai)
21. Tanaroengsakulthai S. System in tension and compression that is not in accordance with static equilibrium. In: Ratanapan S, editor. The strength of the materials (theory and sample problems). Bangkok: Mc Graw-Hill International Enterprise; 1997. p.41-66. (In Thai)