Transfemoral-Prosthetic Donning Sleeve Made from Available Fabric in Thailand: Fabric Experiments and Comparisons

Prawina Sakulkosol, CPO, Tullathorn Tulatharn, CPO*, Marisa Amattayakul, CPO, Mathurin Rairat, CPO, Nattapong Polhan, CPO, Supannee Sukarat, CPO, Pirapond Poshyananda, CPO, Ramonrat Ratanaphol, CPO, Areeya Anukhachonchitti, CPO

Sirindhorn School of Prosthetics and Orthotics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok 10700, Thailand.

Siriraj Medical Bulletin 2025;18(3):123-130

ABSTRACT

Objective: To test the structure and properties of imported donning sleeves distributed domestically and to identify local fabrics with similar structural characteristics.

Materials and Methods: Three imported donning sleeves were tested for fabric construction and fiber composition. Based on the results, one imported donning sleeve was selected as the representative. Local fabrics that closely matched the representative were then identified and subjected to the same tests, along with performance testing.

Results: All three imported donning sleeves were made of nylon fiber and filament yarn. The representative imported donning sleeve had a fabric weight of 71.48 gram per square meter, a fabric counts of 202 threads per square inch, and a linear yarn density of 67.1 and 77.4 deniers in the weft direction. All fabrics demonstrated abrasion resistance tolerating over 20,000 cycles. The selected local fabric also exhibited strong physical and performance characteristics, with tensile strength in the warp and weft directions of 708.41 and 577.21 Newton, and tensile elongation of 54.10% and 47.32%, respectively.

Conclusion: The selected local donning sleeves can replace commercial donning sleeves, offering similar functionality and affordability.

Keywords: Donning sleeve; transfemoral prosthetic; nylon fabric; filament yarn fabric; fabric

**Correspondence to: Tullathorn Tulatharn*
Email: tullathorn.tul@mahidol.edu
Received: 17 March 2025
Revised: 10 June 2025
Accepted: 23 June 2025
https://dx.doi.org/10.33192/smb.v18i3.274319

ถุงดึงตอขาสำหรับผู้ถูกตัดขาระดับเหนือเข่าจากผ้าที่หาได้ในประเทศไทย: การทดสอบผ้าและการเปรียบเทียบคุณสมบัติ

ปวีณา สกุลโกศล, ตุลธร ตุลาธาร*, มาริษา อมาตยกุล, มธุริน รายรัตน์, ณัฐพงษ์ พลหาญ, สุพรรณี สุขรัตน์, ภีรพร โปษยานนท์, รมณรัต รัตนผล, อารียา อนุขจรจิตติ

โรงเรียนกายอุปกรณ์สิริธร คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานครฯ 10700 ประเทศไทย.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบโครงสร้างและคุณสมบัติของถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์นำเข้าที่จำหน่ายในประเทศ รวมทั้งค้นหาผ้าที่หาได้ในประเทศที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายคลึงกัน

วิธีการศึกษา: ถุงดึงตอขานำเข้า 3 ตัวอย่างถูกนำไปทดสอบโครงสร้างผ้าและองค์ประกอบเส้นใย หลังการทดสอบ ถุงดึงตอขานำเข้า 1 ตัวอย่างได้รับเลือกเป็นตัวแทน จากนั้นค้นหาผ้าที่สามารถหาได้ในประเทศที่มีลักษณะใกล้เคียงกับถุงดึงตอขานำเข้าที่เป็นตัวแทน และทำการทดสอบแบบเดียวกัน พร้อมทั้งทำการทดสอบประสิทธิภาพของผ้า

ผลการศึกษา: ถุงดึงตอขานำเข้าทั้ง 3 ตัวอย่าง ทำจากเส้นใยไนลอนและเส้นด้ายฟิลาเมนต์ ถุงดึงตอขานำเข้าที่ได้รับเลือกเป็นตัวแทนมีน้ำหนักผ้า 71.48 กรัม/ตารางเมตร ความหนาแน่นของผ้า 202 เส้น/ตารางนิ้ว และความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้ายในแนวพุ่ง 67.1 และ 77.4 เดเนียร์ ผ้าจากถุงดึงตอขาทั้งสามตัวอย่างมีความทนทานต่อการขัดสีมากกว่า 20,000 รอบ ผ้าที่สามารถหาได้ในประเทศที่ถูกเลือกมีคุณสมบัติทางกายภาพและประสิทธิภาพสูง โดยมีความต้านทานแรงดึงในแนวยืนและแนวพุ่ง 708.41 และ 577.21 นิวตัน ตามลำดับ และการยืดตัวเมื่อรับแรงดึงในแนวยืนและแนวพุ่ง 54.10% และ 47.32% ตามลำดับ

สรุป: ผ้าที่หาได้ในประเทศที่ถูกเลือกสามารถนำมาใช้ทดแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ได้ โดยมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงและราคาไม่แพง

คำสำคัญ: ถุงดึงตอขา; ขาเทียมระดับเหนือเข่า; ผ้าเส้นใยไนลอน; ผ้าเส้นด้ายฟิลาเมนต์; ผ้า

บทนำ

ขาเทียมระดับเหนือเข่า ประกอบด้วยเบ้าขาเทียม (prosthetic socket) ระบบการยึดติด (suspension system) ตัวต่อ (adapter) ข้อเข่าเทียม (prosthetic knee joint) แกนหน้าแข้ง (pylon) และเท้าเทียม (prosthetic foot) เบ้าขาเทียมจะติดกับตอขาของผู้ใช้ขาเทียมด้วยระบบยึดติด ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้ขาเทียมหลุดออกระหว่างการเคลื่อนไหวหรือการเดิน นอกจากนี้ ระบบยึดติดที่ดีจะช่วยให้ผู้ใช้ขาเทียมควบคุมขาเทียมได้ดีขึ้น ลดความไม่สบายขณะสวมใส่ขาเทียมหรือการถลอกของตอขา[1] อีกทั้งยังเพิ่มความพึงพอใจให้กับผู้ใช้ขาเทียม[1] ในทางตรงกันข้าม ระบบยึดติดที่ไม่ดีจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวระหว่างเบ้าขาเทียมและตอขา ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาผิวหนังในผู้ใช้ขาเทียมได้

ระบบการยึดติดสำหรับขาเทียมระดับเหนือเข่ามีหลายประเภท ระบบที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย ได้แก่ สายรัด Silesian belt และระบบดูดสุญญากาศแบบ Traditional pull-in สำหรับระบบดูดสุญญากาศแบบ Traditional pull-in มีสองเทคนิคหลักที่ใช้ในการใส่ตอขาเข้าไปในเบ้าขาเทียม ได้แก่ การใช้ผ้ายืด (elastic bandages) และถุงดึงตอขา (donning sleeves) ผ้ายืดมักทำจากผ้าฝ้ายหรือผ้าทอ[2] การใช้ผ้ายืดในขั้นตอนการสวมใส่เบ้าขาเทียมนั้นก่อให้เกิดการเสียดสีอย่างมากระหว่างผ้ายืดและเนื้อตอขาของผู้ใช้ขาเทียม[3] รวมทั้งยังทำให้เกิดแรงเสียดทานสูงในขั้นตอนการสวมใส่[4] ในทางตรงกันข้าม ถุงดึงตอขาซึ่งมักทำจากผ้าไนลอนประเภทผ้าร่มหรือวัสดุที่คล้ายคลึงกัน[4] ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อช่วยในการดึงตอขาเข้าไปในเบ้าขาเทียม จึงช่วยลดแรงเสียดทานและความเจ็บปวดในขั้นตอนการสวมใส่เบ้าขาเทียมได้[5]

จากผลการวิจัยก่อนหน้า ผู้ใช้ขาเทียมรายงานว่า การลดแรงเสียดทานในขั้นตอนการสวมใส่ทำให้สามารถใส่ขาเทียมได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ความพึงพอใจโดยรวมต่ออุปกรณ์สูงมากขึ้น[6] การสวมใส่เบ้าขาเทียมอย่างถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากจะทำให้ตำแหน่งกายวิภาคของตอขาอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้เกิดการลงน้ำหนักภายในเบ้าขาเทียมที่เหมาะสมและเกิดความมั่นคงภายในเบ้าขาเทียม หากไม่ใช้ผ้ายืดหรือถุงดึงตอขาในขั้นตอนการสวมใส่ จะทำให้

การใส่เนื้อต้นขาเข้าไปในเบ้าขาเทียมนั้นทำได้ยาก[7] โดยการสวมใส่เบ้าขาเทียมที่ไม่ถูกต้อง อาจนำไปสู่ปัญหาหลายอย่าง เช่น ปัญหาผิวหนัง มีอาการบวมน้ำ (edema) บริเวณตอขา[8] เกิดรอยพับบริเวณต้นขาด้านใน (adductor roll)[9] มีท่าการเดินที่ผิดปกติ หรือขาเทียมหลุดออกจากตอขา[10]

แม้ว่าถุงดึงตอขาจะช่วยให้ผู้ใช้ขาเทียมใส่ขาเทียมได้อย่างถูกต้องและไม่เกิดการเสียดสีมากในขั้นตอนการสวมใส่ แต่ผ้ายืดกลับถูกใช้กันอย่างแพร่หลายมากกว่า เนื่องจากถุงดึงตอขามีราคาสูง และเป็นรายการที่ไม่ได้บรรจุอยู่ในสิทธิการเบิกจ่าย อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุทดแทนถุงดึงตอขาในบริบทของประเทศไทยหรือประเทศกำลังพัฒนาอื่น ๆ ยังมีจำนวนจำกัด ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ คือการค้นหาผ้าที่หาได้ในประเทศที่มีคุณสมบัติและโครงสร้างใกล้เคียงกับถุงดึงตอขาพาณิชย์ที่นำเข้าเพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นถุงดึงตอขาที่มีราคาจับต้องได้สำหรับผู้ใช้ขาเทียมระดับเหนือเข่าในประเทศไทย

วิธีการศึกษา

การทดสอบผ้าเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในด้านคุณสมบัติเชิงโครงสร้างและสมรรถนะของผ้า[11] การศึกษานี้ประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก ได้แก่ การทดสอบถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ และการทดสอบผ้าที่หาได้ในประเทศ

เกณฑ์การคัดเลือก

สำหรับถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์: เป็นถุงดึงตอขาสำหรับผู้ใช้ขาเทียมระดับเหนือเข่าที่มีจำหน่ายในประเทศไทย และมีขนาดมาตรฐาน คือ เส้นรอบวงส่วนต้น (proximal circumference) 56-60 ซม. เส้นรอบวงส่วนปลาย (distal circumference) 26-29 ซม. และความยาว 80-100 ซม.

สำหรับผ้าที่หาได้ในประเทศ: เป็นผ้าทอโพลีเอสเตอร์ ที่มีคุณสมบัติและโครงสร้างด้านองค์ประกอบเส้นใยใกล้เคียงกับผ้าจากถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์

ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 1: การทดสอบถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์

คัดเลือกถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์จากบริษัทจำนวน 3 แห่งในประเทศไทย และส่งไปทดสอบโครงสร้างผ้าและองค์ประกอบเส้นใยที่สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอแห่งประเทศไทย โดยใช้กระบวนการทดสอบตามมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กรระหว่างประเทศหรือ International Organization for Standardization: ISO โดยมีการทดสอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ชนิดเส้นใย

ชนิดเส้นใยหมายถึงองค์ประกอบของเส้นใยผ้า เป็นเกณฑ์สำคัญในการประเมินลักษณะของวัสดุที่นำมาใช้และคุณภาพของผลิตภัณฑ์[12] มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบชนิดเส้นใยในการศึกษานี้คือ ISO 11827:2012 Textiles – Composition testing – Identification of fibers โดยในการศึกษานี้ใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65%

น้ำหนักผ้า

การทดสอบน้ำหนักผ้าใช้เพื่อกำหนดมวลของผ้าโดยวัดเป็นหน่วยกรัมต่อตารางเมตรหรือกรัมต่อเมตร[13] มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบน้ำหนักผ้าในการศึกษานี้คือ ISO 3801: 1997(E) METHOD 5 Textiles – Woven fabrics – Determination of mass per unit length and mass per unit area การทดสอบดำเนินการที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65% โดยใช้ตัวอย่าง 5 ชิ้น แต่ละชิ้นมีขนาด 15 x 15 ซม.

ความหนาแน่นของผ้า (เส้นยืนและเส้นพุ่ง)

ความหนาแน่นของผ้าหมายถึงจำนวนเส้นยืน (warp) และเส้นพุ่ง (weft) ในผ้าที่มีความยาว 1 นิ้ว การทดสอบความหนาแน่นของผ้าใช้เพื่อกำหนดจำนวนเส้นด้ายโดยคำนวณจำนวนเส้นด้ายต่อเซนติเมตร[14] มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความหนาแน่นของผ้าในการศึกษานี้คือ ISO 7211/2: 1984(E) Textiles – Woven fabrics – Construction – Method of analysis การทดสอบดำเนินการที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 65 โดยใช้ตัวอย่าง 5 ชิ้น แต่ละชิ้นมีความยาว 0.4-0.6 ซม. และมีส่วนที่ประกอบด้วยเส้นด้ายอย่างน้อย 100 เส้น

ความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้าย

มวลของเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวถูกกำหนดโดยความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้าย หรือที่เรียกว่าจำนวนเส้นด้าย ความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้ายในเส้นยืนและเส้นพุ่งของผ้ามักถูกอธิบายเป็นคู่: เส้นยืน x เส้นพุ่ง[15] มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้ายในการศึกษานี้คือ ISO 7211/5: 1984(E) SECTION 2, METHOD A Textiles – Woven fabrics – Construction – Method of analysis – Part 5: Determination of linear density of yarn removed from fabric การทดสอบดำเนินการที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65%

ประเภทของเส้นด้าย

เส้นด้ายสามารถจำแนกได้หลายวิธี เช่น ตามความยาวเส้นใย ประเภทเส้นใย หรือวิธีการถักรวมของเส้นด้าย ในการศึกษานี้จำแนกประเภทเส้นด้ายตามความยาวเส้นใย มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบประเภทเส้นด้ายในการศึกษานี้คือ วิธีที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาขึ้นเอง (in-house method)

การทดสอบทั้งหมดข้างต้นจะถูกทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง หลังจากได้ผลการทดสอบ คณะผู้วิจัยเลือกถุงดึงตอขาที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงและมีคุณภาพดีที่สุดเป็นตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ เพื่อนำไปทำการทดสอบในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 2: การทดสอบผ้าที่หาได้ในประเทศและตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์

ตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผ้าที่หาได้ในประเทศ 2 ชนิด โดยคัดเลือกผ้าที่หาได้ในประเทศตามความคล้ายคลึงทางกายภาพกับตัวแทนถุงดึงตอขา โดยผ้าทั้งหมดจะถูกส่งไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมรรถนะตามมาตรฐาน ISO ที่สถาบันพัฒนาและวิจัยอุตสาหกรรมสิ่งทอแห่งประเทศไทย โดยมีการทดสอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ความต้านทานการขัดสี (flexing & abrasion)

ความต้านทานการขัดสีหมายถึงความสามารถของผ้าในการต้านทานการสึกหรอที่เกิดจากการเสียดสีกับวัสดุอื่น ความต้านทานการขัดสีเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสมรรถนะและความทนทานของผ้า เนื่องจากการขัดสีอาจนำไปสู่การเสื่อมสภาพ ความเสียหาย และการสูญเสียหน้าที่การทำงาน[16] ในการศึกษานี้ ใช้การทดสอบการขัดถูของ Martindale เพื่อทดสอบความต้านทานการขัดสี วิธีนี้เป็นการประเมินการแตกหักของผ้า การสูญเสียมวล หรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิว โดยการถูตัวอย่างกับวัสดุขัดสีที่ทราบค่าในทิศทางที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องภายใต้แรงกดต่ำ จากนั้นเปรียบเทียบระดับการขัดสีหรือการเกิดปุ่มกับพารามิเตอร์มาตรฐาน มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความต้านทานการขัดสีในการศึกษานี้คือ ISO 12947/2: 1998 Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 2: Determination of specimen breakdown การทดสอบดำเนินการโดยใช้เครื่องมือที่ตั้งค่าไว้ที่ 20,000 รอบและแรงกด 9 กิโลปาสคาล

ความต้านแรงดึง

ความต้านแรงดึงของผ้าหมายถึงความเค้นและความเครียดสูงสุดที่ผ้าสามารถทนได้ก่อนที่จะขาดหรือเสียหาย[17] มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความต้านแรงดึงในการศึกษานี้คือ ISO 13934/2:1999 Textiles – Tensile properties of fabrics – Part 2: Determination of maximum force using the grab method การทดสอบดำเนินการที่อุณหภูมิ 20±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65±4% โดยใช้ตัวอย่าง 5 ชิ้น แต่ละชิ้นมีขนาด (10±0.2)×10 ซม. ทั้งในแนวเส้นยืนและเส้นพุ่ง

การยืดตัวเมื่อรับแรงดึง

การยืดตัวเมื่อรับแรงดึงหมายถึงสัดส่วนการยืดตัวเมื่อเทียบกับความยาวเริ่มต้น เมื่อเส้นใย เส้นด้าย หรือผ้าถูกยืดออก การยืดตัวเมื่อขาดหมายถึงความสามารถของวัสดุสิ่งทอในการทนทานต่อการเปลี่ยนรูปเมื่อถูกยืดจนถึงจุดขาด การทดสอบนี้วัดการเปลี่ยนแปลงขนาดก่อนและหลังการยืด แรงดึงที่ใช้ในการยืด และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว โดยใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงของผ้า[18] การทดสอบดำเนินการที่อุณหภูมิ 20±2 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 65±4% โดยใช้ตัวอย่าง 5 ชิ้น แต่ละชิ้นมีขนาด (10±0.2)×10 ซม. ทั้งในแนวเส้นยืนและเส้นพุ่ง

หลังจากนั้น ตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมรรถนะ หลังจากวิเคราะห์ผลการทดสอบแล้ว ผ้าที่หาได้ในประเทศที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์มากที่สุดจะถูกคัดเลือก เพื่อนำไปใช้ผลิตเป็นถุงดึงตอขาในการศึกษาถัดไป

ผลการศึกษา

ผลการศึกษานี้วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน เนื่องจากขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก ผลจากการทดสอบชนิดเส้นใยพบว่าถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ทั้งสามบริษัทผลิตจากผ้าไนลอน สำหรับน้ำหนักของผ้า (ตารางที่ 1) พบว่าค่ามัธยฐานอยู่ที่บริษัทที่ 3 (56.92 กรัม/ตารางเมตร) ในการทดสอบความหนาแน่นของผ้าในแนวยืนและแนวพุ่ง รวมถึงความหนาแน่นรวม พบว่าค่ามัธยฐานอยู่ที่บริษัทที่ 2 โดยมีจำนวนเส้นด้าย 218 เส้นต่อตารางนิ้ว สำหรับการทดสอบความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้าย ค่ามัธยฐานของเส้นด้ายในแนวพุ่งอยู่ที่บริษัทที่ 3 (52.8 เดเนียร์) และในแนวยืนอยู่ที่บริษัทที่ 2 (45.2 เดเนียร์) ผลการทดสอบประเภทของเส้นด้ายพบว่าถุงดึงตอขาจากบริษัททั้งสามแห่งใช้เส้นด้ายแบบฟิลาเมนต์ทั้งในแนวยืนและแนวพุ่ง

จากผลการทดสอบในขั้นตอนที่ 1 เนื่องจากบริษัทที่ 2 และบริษัทที่ 3 มีค่ามัธยฐานในสองหมวดหมู่ ทำให้คณะผู้วิจัยพิจารณาเลือกตัวแทนโดยคำนึงถึงราคาของถุงดึงตอขาร่วมด้วย โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์จากบริษัทที่สองเป็นตัวแทนสำหรับการทดสอบในขั้นตอนถัดไป

ผลการทดสอบชนิดของเส้นใยพบว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 ผลิตจากผ้าโพลีเอสเตอร์ และผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 ผลิตจากผ้าไนลอน

สำหรับน้ำหนักของผ้า (ตารางที่ 2) ตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์มีน้ำหนักเบาที่สุด โดยมีน้ำหนักใกล้เคียงกับผ้าที่หาได้ในประเทศ ตัวอย่างที่ 1 (59.54 กรัม/ตารางเมตร) ในการทดสอบความหนาแน่นของผ้าในแนวยืนและแนวพุ่ง พบว่าตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด โดยมีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 (202 กรัม/ตารางเมตร)

สำหรับการทดสอบความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้ายในแนวยืน ผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 (67.1, 197.3 เดเนียร์) มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือผ้าที่หาได้ในประเทศ

ตัวอย่างที่ 1 (64.2, 189.8 เดเนียร์) และตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ (43.4, 83.8 เดเนียร์) ตามลำดับ ความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้ายในแนวพุ่ง ผ้าที่ทำจากวัสดุที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 (77.4, 232.1 เดเนียร์) มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือผ้าที่ทำจากวัสดุที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 (59.1, 202.8 เดเนียร์) และถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ (45.2, 89.6 เดเนียร์) ตามลำดับ ตัวอย่างถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์และผ้าที่หาได้ในประเทศใช้เส้นด้ายแบบฟิลาเมนต์เหมือนกัน โดยผลการทดสอบความทนทานต่อการขัดถูพบว่าผ้าจากทั้งสามตัวอย่างสามารถทนต่อการขัดถูได้มากกว่า 20,000 รอบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์

การทดสอบ	ถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
น้ำหนักผ้า (กรัม/ตารางเมตร)	62.40	48.14	56.92
ความหนาแน่นของผ้า (จำนวนเส้นด้าย/ตารางนิ้ว)			
เส้นยืน	114	118	132
เส้นพุ่ง	95	100	131
จำนวนรวมของเส้นยืนและเส้นพุ่ง	209	218	263
ความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้าย (เดเนียร์)			
เส้นยืน	54.6	43.4	52.8
เส้นพุ่ง	69.4	45.2	44.2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์และผ้าที่หาได้ในประเทศ

การทดสอบ	ตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์	ผ้าที่หาได้ในประเทศ	
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
น้ำหนักผ้า (กรัม/ตารางเมตร)	48.14	59.54	71.48
ความหนาแน่นของผ้า (จำนวนเส้นด้าย/ตารางนิ้ว)			
เส้นยืน	118	104	115
เส้นพุ่ง	100	80	87
จำนวนรวมของเส้นยืนและเส้นพุ่ง	218	184	202
ความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้าย (เดเนียร์)			
เส้นยืน			
[เส้นด้ายที่ 1]	43.4	64.2	67.1
[เส้นด้ายที่ 2]	83.8	189.8	197.3
เส้นพุ่ง			
[เส้นด้ายที่ 1]	45.2	59.1	77.4
[เส้นด้ายที่ 2]	89.6	202.8	232.1

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์และผ้าที่หาได้ในประเทศ

การทดสอบ	ตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์	ผ้าที่หาได้ในประเทศ	
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
ความต้านแรงดึง (นิวตัน)			
เส้นยืน	440.14	425.40	708.41
เส้นพุ่ง	366.52	254.31	577.21
การยืดตัวเมื่อรับแรงดึง (%)			
เส้นยืน	37.47	25.75	54.10
เส้นพุ่ง	50.00	19.40	47.32

สำหรับค่าความต้านแรงดึง (ตารางที่ 3) ในทั้งแนวยืนและแนวพุ่ง พบว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 (425.40, 254.31 นิวตัน) มีค่าที่ใกล้เคียงกับตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ (440.14, 366.52 นิวตัน) ในส่วนของการยืดตัวเมื่อรับแรงดึง ตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์มีค่ามากที่สุดทั้งในแนวยืนและแนวพุ่ง (37.47, 50.00 นิวตัน) โดยผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 มีค่าที่ใกล้เคียงกับตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ในแนวยืน (25.75 นิวตัน) ขณะที่ผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีค่าที่ใกล้เคียงกับตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ในแนวพุ่ง (47.32 นิวตัน) จากผลการทดสอบเหล่านี้สามารถสรุปได้ว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีความทนทานโดยรวมสูงกว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1

อภิปรายผล

ถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์จากทั้งสามบริษัทผลิตจากวัสดุไนลอน ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมในงานชีวการแพทย์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) มีความเสถียรทางเคมี และสามารถปรับคุณสมบัติเชิงกลได้[19] แต่เนื่องจากไนลอนสามารถนำไปผสมกับวัสดุอื่นได้ การทดสอบโครงสร้างและองค์ประกอบของเส้นใยในระยะที่ 1 จึงมีความจำเป็นเพื่อระบุวัสดุที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตถุงดึงตอขาในงานวิจัยถัดไป ถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์จากทั้งสามบริษัทผลิตจากเส้นด้ายฟิลาเมนต์ซึ่งมีคุณสมบัติเรื่องค่าการคลุมผิวที่สูงขึ้น มีค่าฉนวนความร้อนที่ดีขึ้น และมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำที่สูงขึ้น[11] อย่างไรก็ตาม เทคนิคการปรับแต่งพื้นผิวเส้นด้ายฟิลาเมนต์ที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อคุณสมบัติของเส้นด้ายได้[11] เนื่องจากถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์จากทั้งสามบริษัทมีราคาที่แตกต่างกัน คณะผู้วิจัยจึงเลือกถุงดึงตอขาที่มีราคาต่ำที่สุดเป็นตัวแทนสำหรับการทดสอบในขั้นตอนที่ 2

ในการทดสอบขั้นตอนที่ 2 ได้ทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ และผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ทั้งในแง่ขององค์ประกอบของวัสดุและคุณสมบัติทางกายภาพ โดยในการศึกษานี้ใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับการวิเคราะห์เส้นใย ซึ่งเป็นวิธีการทางเทคนิคที่ให้ความแม่นยำและความน่าเชื่อถือ[20] ผลการทดสอบพบว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ โดยมีความหนาแน่นของเส้นด้ายในแนวยืนและพุ่งและการยืดตัวเมื่อรับแรงดึงเหนือกว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1

เมื่อเชื่อมโยงกับบริบทของผู้ใช้ขาเทียมระดับเหนือเข่า ซึ่งต้องการวัสดุที่ใส่ได้ง่าย ลดแรงเสียดทาน และไม่เกิดความระคายเคือง ผ้าที่มีความยืดหยุ่นและการคืนตัวที่ดี เช่น ผ้าตัวอย่างที่ 2 จึงอาจส่งผลเชิงบวกต่อประสบการณ์การใช้งานจริง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้ที่มีตอขาที่บอบบางหรือมีประวัติปัญหาผิวหนัง

นอกจากนี้ในด้านน้ำหนักของผ้าและค่าความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นด้าย เมื่อเปรียบเทียบผ้าที่หาได้ในประเทศทั้งสองตัวอย่าง พบว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนักมากกว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 ซึ่งบ่งชี้ว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีความหนามากกว่า แม้ว่าความหนาที่เพิ่มขึ้นอาจจะทำให้การใส่เบ้าขาเทียมยากขึ้น แต่คุณสมบัติเชิงกลที่แข็งแรงอาจชดเชยข้อเสียดังกล่าวได้ในบางกรณี โดยเฉพาะในผู้ใช้ที่มีแรงแขนเพียงพอในการดึงถุงตอขา

ในส่วนของค่าความต้านทานแรงดึง ผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 ซึ่งบ่งชี้ว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีความทนทานมากกว่า อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงดึงของผ้าที่หา

ได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกับตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ ผ้าทั้งสามตัวอย่างผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของการทดสอบความต้านทานการขัดสี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผ้าที่หาได้ในประเทศมีความทนทานเพียงพอที่จะรับแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานถุงดึงตอขา

แม้ว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 1 จะแสดงคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ แต่ผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีคุณสมบัติโดยรวมที่เหนือกว่าในเกือบทุกด้าน จึงนับเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับนำไปพัฒนาต่อยอดในด้านต้นแบบผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ขนาดตัวอย่างที่ค่อนข้างเล็ก เนื่องจากจำนวนผู้นำเข้าและจำหน่ายถุงดึงตอขาในประเทศไทยมีจำนวนจำกัด อาจส่งผลให้เกิดความไม่หลากหลายของตัวอย่าง นอกจากนี้ งบประมาณของงานวิจัยที่มีจำกัด ส่งผลต่อจำนวนผ้าที่หาได้ในประเทศที่จะถูกคัดเลือกเพื่อเข้ารับการทดสอบ จากข้อจำกัดเหล่านี้คณะผู้วิจัยแนะนำให้นักวิจัยที่จะทำการศึกษาต่อในอนาคตเพิ่มจำนวนตัวอย่างถุงดึงตอขาและผ้าที่หาได้ในประเทศให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์และเพิ่มทางเลือกสำหรับการพัฒนาวัสดุ

สรุป

ผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงหรือดีกว่าตัวแทนถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์ รวมทั้งมีต้นทุนต่ำและหาได้ง่ายในประเทศ มีศักยภาพสูงสำหรับการนำไปศึกษาต่อยอดเพื่อผลิตเป็นถุงดึงตอขาในอนาคต ซึ่งจะช่วยให้สามารถผลิตถุงดึงตอขาได้จากผ้าที่หาได้ในประเทศที่มีราคาต่ำกว่าถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์นำเข้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษานี้ค้นพบว่าผ้าที่หาได้ในประเทศตัวอย่างที่ 2 มีค่าการยืดตัวและความต้านทานแรงดึงที่สูงกว่าผ้าอีกตัวอย่างหนึ่งที่หาได้ในประเทศ และใกล้เคียงหรือเหนือกว่าตัวแทนเชิงพาณิชย์บางด้าน ซึ่งเป็นข้อมูลใหม่ที่ยังไม่เคยมีการรายงานในบริบทของวัสดุทดแทนถุงดึงตอขาในประเทศไทย

โดยการศึกษาในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่การออกแบบกระบวนการผลิตโดยเฉพาะการออกแบบและทดสอบรอยตะเข็บให้มีความทนทานมากขึ้น เนื่องจากพบว่าถุงดึงตอขาเชิงพาณิชย์มักเกิดการฉีกขาดบริเวณรอยตะเข็บเมื่อถูกดึงขณะใส่เข้าขาเทียม จึงเป็นจุดที่ควรได้รับการพัฒนา นอกจากนี้ ควรมุ่งเน้นไปที่การทดสอบถุงดึงตอขาที่พัฒนาขึ้นกับผู้ใช้ขาเทียม เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการใช้งานจริง รวมถึงรับฟังความคิดเห็นจากผู้ใช้งานเพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจความต้องการที่แท้จริง ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์ผู้ใช้มากที่สุด

คณะผู้วิจัยเชื่อว่าหากผู้ใช้ขาเทียมระดับเหนือเข่าชาวไทยสามารถเข้าถึงถุงดึงตอขาที่มีคุณภาพในราคาที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ใช้งาน ลดภาระทางเศรษฐกิจ ยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ขาเทียม รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้ใช้ขาเทียมสามารถกลับมาใช้ชีวิตได้ใกล้เคียงปกติมากที่สุด ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการฟื้นฟูสมรรถภาพและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้พิการขาขาด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนพัฒนาการวิจัยจากคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล รหัสโครงการ IO R016531008 นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอแห่งประเทศไทยสำหรับข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Ali S, Osman NA, Naqshbandi MM, Eshraghi A, Kamyab M, Gholizadeh H. Qualitative study of prosthetic suspension systems on transtibial amputees' satisfaction and perceived problems with their prosthetic devices. Arch Phys Med Rehabil. 2012 Nov 1;93(11):1919–23.

2. Different types of bandage explained | Safety First Aid [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: https://www.safetyfirstaid.co.uk/different-types-of-bandage-explained/

3. Mak AF, Zhang M, Boone DA. State-of-the-art research in lower-limb prosthetic biomechanics-socket interface: a review. J Rehabil Res Dev. 2001 Mar 1;38(2):161–73.

4. Psonak R. Orthotics and prosthetics in rehabilitation. 3rd ed. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 2012. p. 648–52.

5. Akder Medikal. Easy Donning Sleeve [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: https://www.akdermedikal.com/product/easy-donning-sleeve/

6. Gholizadeh H, Osman NA, Eshraghi A, Ali S, Sævarsson SK, Abas WA, et al. Transtibial prosthetic suspension: less pistoning versus easy donning and doffing. J Rehabil Res Dev. 2012 Oct 20;49(9):1321–30.

7. Meng Z, Wong DW, Zhang M, Leung AK. Analysis of compression/release stabilized transfemoral prosthetic socket by finite element modelling method. Med Eng Phys. 2020 Sep 1;83:123–9.

8. Kapp SL. Transfemoral socket design and suspension options. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2000 Aug 1;11(3):569–84.

9. Berke GM, Buell N, Fergason J, Gailey R, Hafner B, Hubbard S, et al. Transfemoral amputation: the basic and beyond. Seattle: Prosthetics Research Study; 2008.

10. Chui KK, Jorge M, Yen SC, Lusardi MM, editors. Orthotics and prosthetics in rehabilitation. 4th ed. Saunders; 2019.

11. Haciogullari SO, Babaarslan O. An investigation on the properties of polyester textured yarns produced with different fiber cross-sectional shapes. Ind Textila. 2018 Jul 1;69(4):270–6.

12. International Organization for Standardization. Textiles: composition testing: identification of fibres. Geneva: ISO; 2012.

13. International Organization for Standardization. Textiles—Woven fabrics—Determination of mass per unit length and mass per unit area. Geneva: ISO; 1977.

14. International Organization for Standardization. Textiles—Woven fabrics—Construction—Methods of analysis—Part 2: Determination of number of threads per unit length. Geneva: ISO; 1984.

15. International Organization for Standardization. Textiles—Methods for analysis of woven fabrics construction—Part 5: Determination of linear density of yarn removed from fabric. Geneva: ISO; 2020.

16. Radostina AA, Stankov P, Kyosov M. Computational modelling of the heat transfer through two-layer woven structure ensembles. Ind Textila. 2020 Jul 1;71(4):393–7.

17. Malik MH, Hussain T, Ali Z. Effect of fabric count on the tensile strength of blended woven fabrics. J Eng Appl Sci Univ Eng Technol Peshawar. 2009 Jul;28(2):23–9.

18. What is the tensile strength property of a fabric? [Internet]. Testex; 2022 Apr 6 [cited 2021 Nov 21]. Available from: https://www.testextextile.com/what-is-the-tensile-strength-property-of-a-fabric/

19. Shakiba M, Ghomi ER, Khosravi F, Jouybar S, Bigham A, Zare M, et al. Nylon—A material introduction and overview for biomedical applications. Polym Adv Technol. 2021 Sep;32(9):3368–83.

20. Khan AN, Abir N, Rakib MA, Bhuiyan ES, Howlader MR. A review paper on textile fiber identification. IOSR J Polym Text Eng. 2017 Apr;4(2):14–20.