

# ประสิทธิภาพการห้ามเลือดที่แผลผิวหนังตัดเพื่อการ ถ่ายปลูก เปรียบเทียบวัสดุอนุพันธ์ไคโทซานกับวัสดุ ทางการค้า : การศึกษาเบื้องต้น

ไพโรจน์ สุรัตนวนิช\*

วนิดา จันทร์วิกุล†

บุญล้อม ทาวรุตการณ†

วาสนา ไคสอน†

## บทคัดย่อ

การศึกษาทดลองเบื้องต้นครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการห้ามเลือดของวัสดุห้ามเลือดจากอนุพันธ์ไคโทซาน กับวัสดุทางการค้า ๒ ชนิด คือ SPONGOSTAN® Standard และ Algisite-M ในแผลผู้ป่วยที่เกิดจากการตัดผิวหนังเพื่อถ่ายปลูก ๘ คน ที่โรงพยาบาลอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง ในช่วงเดือนมิถุนายน ๒๕๕๑ - พฤศจิกายน ๒๕๕๑ โดยทำการปิดวัสดุนแผลแบบสุ่มจากปลายเท้าไปทางศีรษะ ปิดทับวัสดุด้วยผ้าก๊อช และกดทับวัสดุทั้งหมดด้วยมืออย่างเบาๆ ๕ และ ๘ นาที. สังเกตการหยุดไหลของเลือดเมื่อถึงเวลาที่กำหนด และหลังจากเปิดแผลทิ้งไว้ ๓๐ วินาที พร้อมทั้งบันทึกภาพบาดแผลที่เวลา ๕ นาที, ๕ นาที ๓๐ วินาที, ๘ นาที และ ๘ นาที ๓๐ วินาที และบันทึกน้ำหนักของวัสดุทดสอบและผ้าก๊อชหลังการทดสอบ เพื่อคำนวณหาปริมาณเลือดที่สูญเสีย. จากการศึกษาพบว่า ปริมาณเลือดที่สูญเสียที่วัดได้ในวัสดุทดสอบเรียงลำดับจากน้อยไปมาก พบในแผลที่ปิดด้วย SPONGOSTAN® Standard, Algisite-M และวัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC ในขณะที่ปริมาณเลือดที่สูญเสียที่วัดได้ในผ้าก๊อชที่ปิดทับวัสดุทดสอบเรียงลำดับจากน้อยไปมาก พบในแผลที่ปิดด้วยวัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC, SPONGOSTAN® Standard และ Algisite-M. แต่โดยรวมแล้วปริมาณเลือดที่สูญเสียรวมไม่มีความแตกต่างในระหว่างกลุ่มทดสอบโดยนัยสำคัญทางสถิติ. แต่จากการสังเกตและบันทึกภาพผลการห้ามเลือดที่เวลา ๘ นาที พบว่า ในขณะที่เปิดแผลทิ้งไว้เป็นเวลา ๓๐ วินาที แผลที่ปิดด้วยวัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC มีเลือดซึมออกมาปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับแผลที่ปิดด้วยวัสดุทางการค้าทั้ง ๒ ชนิด.

**คำสำคัญ:** ประสิทธิภาพการห้ามเลือด, แผลผิวหนังตัดเพื่อการถ่ายปลูก, วัสดุอนุพันธ์ไคโทซาน,

SPONGOSTAN® Standard, Algisite-M

## Abstract

**A Preliminary Study on Hemostatic Efficacy Comparing Chitosan Derivative-based Material and Two Commercial Materials in Split-thickness Skin Graft Wound Sites**

**Pairoj Surattanawanich\*, Wanida Janvikul\*\*, Boonlom Thavornytikarn\*\*, Wasana Kosorn\*\***

\*Department of Surgery, Ang Thong Hospital, Ang Thong Province, \*\*National Metal and Materials Technology Center (MTEC)

The objective of this clinical preliminary study was to evaluate the hemostatic efficacy of a chitosan derivative-based hemostat prototype (MTEC prototype), compared with that of two commercial materials, SPONGOSTAN® Standard and Algisite-M, in split-thickness skin graft donor sites. The study was conducted at Ang Thong Hospital in Ang Thong Province involving eight patients who underwent skin

\*แผนกศัลยกรรม, โรงพยาบาลอ่างทอง, † ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ



grafting during the period June–November 2008. The three tested materials were randomly put on wound sites from the direction of the patients' toes to their heads. Gauze was placed on top of the materials. To secure the materials, they were gently pressed by hand. Bleeding was visually observed and the wound sites were photographed at 5 and 8 minutes. At each time point, the wounds were uncovered for 30 seconds for the observation of blood ooze. The wounds were photographed again at 5½ and 8½ minutes. At last, the materials and gauze were weighed for the determination of blood loss. The results revealed that the amount of blood loss found in the materials was in the following order: SPONGOSTAN® Standard < Algisite-M < MTEC prototype, while the amount of blood loss found in the gauze was in the following order: MTEC prototype < SPONGOSTAN® Standard < Algisite-M. Nonetheless, there were no significant differences in the total amount of blood loss when the wound sites were treated with these three materials. From visual observation, the MTEC prototype, however, seemed to stop the bleeding most efficiently as determined by the least blood ooze apparent at 8½ minutes.

**Key words:** hemostatic efficacy, chitosan derivative-based material, SPONGOSTAN® Standard, Algisite-M, split-thickness skin graft

## ภูมิหลังและเหตุผล

เมื่อร่างกายเกิดบาดแผลและมีการฉีกขาดของหลอดเลือด ร่างกายจะมีกลไกหลักเพื่อป้องกันการเสียเลือดคือ การห้ามเลือด ซึ่งประกอบด้วยการทำงานที่สำคัญ ๓ ระบบคือ การบีบรัดของหลอดเลือด, การเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด, และการจับเป็นลิ่มของเลือด<sup>(๑)</sup> โดยทั้ง ๓ ระบบจะทำงานเป็นขั้นตอนต่อเนื่องอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างไฟบริน ซึ่งเป็นโครงสร้างตาข่ายหุ้มกลุ่มของเกล็ดเลือดให้แข็งแรงและทำให้เลือดหยุดไหล ซึ่งไฟบรินจะละลายในที่สุด<sup>(๒)</sup>.

การปฐมพยาบาลห้ามเลือดมีหลายวิธี. วิธีที่ใช้ทั่วไปได้แก่ การใช้ผ้าก๊อช ใช้แรงกดทับ หรือการใช้อุปกรณ์และสารห้ามเลือด<sup>(๓)</sup>. ในปัจจุบันได้มีการวิจัยและพัฒนาทางการแพทย์เพื่อให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยีการห้ามเลือดใหม่ๆ ที่ช่วยห้ามเลือดได้ดีและรวดเร็วขึ้น ทำให้สามารถรักษาชีวิตของผู้ป่วย/ผู้บาดเจ็บได้มากขึ้น. กองทัพบกสหรัฐได้ทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ห้ามเลือดขึ้น ๒ ชนิด คือ ผ้าพันไฟบริน (fibrin bandage) ซึ่งเป็นผ้าปิดแผลที่เคลือบด้วยโปรตีนที่เป็นปัจจัยจับลิ่มของเลือดที่สกัดมาจากเลือดของมนุษย์. วัสดุชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการห้ามเลือดได้ดี (เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์วัสดุห้ามเลือดทางการค้า เช่น surgicel, hemostasis dressing pad)<sup>(๓)</sup> แต่มีราคาค่อนข้างสูง, chitosan bandage (Hemcon) ซึ่งเป็นแผ่นห้ามเลือดจากไคโทซาน

(chitosan)<sup>(๓-๖)</sup>. อย่างไรก็ตาม จากการรายงานผลการวิจัยพบว่าสารแขวนลอยไคโทซานไม่สามารถลดระยะเวลาเลือดออก (bleeding time) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้<sup>(๗)</sup>.

คณะผู้วิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (National Metal and Materials Technology Center; MTEC) ได้ศึกษาสมบัติเร่งการจับลิ่มเลือดของอนุพันธ์ไคทิน/ไคโทซานชนิดต่างๆ<sup>(๘)</sup> และได้พบอนุพันธ์ไคโทซานที่เหมาะสมมาใช้พัฒนาวัสดุห้ามเลือดต้นแบบ<sup>(๙-๑๐)</sup>. สารต้นแบบดังกล่าวได้ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพการห้ามเลือดในสัตว์ทดลองเรียบร้อยแล้ว<sup>(๑๑)</sup> และได้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพึงพอใจ กล่าวคือ วัสดุห้ามเลือดต้นแบบมีประสิทธิภาพในการช่วยห้ามเลือดจากแผลตัดทางหนูได้ดีกว่าวัสดุห้ามเลือดทางการค้า SPONGOSTAN® Standard. คณะผู้ศึกษาจึงสนใจทำการวิจัยและพัฒนาในขั้นต่อไปคือ การทดสอบประเมินประสิทธิภาพการห้ามเลือดของวัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC ทางเวชกรรม โดยเริ่มจากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุต้นแบบในการห้ามเลือดในแผลที่ตัดหนังแท้ส่วนบนเพื่อถ่ายปลูก (split-thickness skin graft) เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการห้ามเลือดของวัสดุทางการค้า ๒ ชนิด คือ SPONGOSTAN® Standard และ Algisite-M โดยทำการเปรียบเทียบผลการห้ามเลือดของวัสดุทั้ง ๓ ชนิดในแผลเดียวกัน.

## ระเบียบวิธีศึกษา

การวิจัยทดลองทำในโรงพยาบาลอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง ในช่วงเดือนมิถุนายน ๒๕๕๑ - พฤศจิกายน ๒๕๕๑ ในผู้ป่วยที่มารับการถ่ายปลูกหนังที่สมัครใจจำนวน ๘ คน (ชาย ๖ คน และหญิง ๒ คน), อายุเฉลี่ย ๔๕ ปี. สาเหตุของศัลยกรรมคือเพื่อนำหนังไปถ่ายปลูกปิดรักษาแผลติดเชื้อผิวหนังและชั้นกล้ามเนื้ออักเสบจำนวน ๓ คน และแผลฉีกขาดมีผิวหนังหลุดหายจำนวน ๕ คน. แพทย์ผู้วิจัยได้แจ้งผู้ป่วยให้ทราบถึงตำแหน่งร่างกายที่จะตัดหนัง ซึ่งได้แก่ บริเวณต้นขาหรือน่อง, และแจ้งขั้นตอนการศึกษาให้ผู้ป่วยทราบก่อนการเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมการศึกษา.

**การเตรียมวัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC:** เตรียมสารละลายหนืดในน้ำของสารที่มีอนุพันธ์ไฮโดรซานเป็นองค์ประกอบ, เทหล่อแบบสารละลายลงในแม่แบบที่มีขนาดเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน, นำสารละลายหนืดในแม่แบบที่ได้ไปแช่แข็งและทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งเยือกแข็ง (ฟรีซ-ดรายเออร์) เพื่อให้ได้แผ่นปุคคล้ายแผ่นฟองน้ำ. นำแผ่นวัสดุที่ได้มาจุ่มลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์นาน ๑๐ นาที, ล้างแผ่นวัสดุด้วยน้ำเพื่อล้างสิ่งตกค้าง (แคลเซียมคลอไรด์และเกลือต่างๆ). จากนั้นทำให้แผ่นวัสดุแห้งด้วยเครื่องทำแห้งเยือกแข็ง. แผ่นวัสดุที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับแผ่น SPONGOSTAN® Standard. แผ่นวัสดุจะผ่านการอบฆ่าเชื้อด้วยแก๊สเอธิลีนออกไซด์ก่อนการนำไปใช้.

**การประเมินประสิทธิภาพการห้ามเลือด:** เตรียมวัสดุทดสอบ (วัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC, SPONGOSTAN® Standard (ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Johnson & Johnson) และ Algisite-M (ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Smith & Nephew)) ให้มีขนาดกว้าง ๑ นิ้ว x ยาว ๑ นิ้ว และผ้าก๊อชที่มีขนาดใกล้เคียงกับวัสดุทดสอบ (เพื่อใช้ปิดทับด้านบนของวัสดุทดสอบแต่ละชนิด) ซึ่งนำหน้าวัสดุและผ้าก๊อชที่ใช้. จากนั้นทำการตัดเลาะผิวหนังผู้ป่วยโดยใช้เครื่องมือตัดผิวหนังด้วยแรงดันลม (air dermatome) ที่สามารถกำหนดความหนาของผิวหนังที่จะนำไปปลูกถ่ายได้แน่นอน ผิวหนังที่ได้มีความ

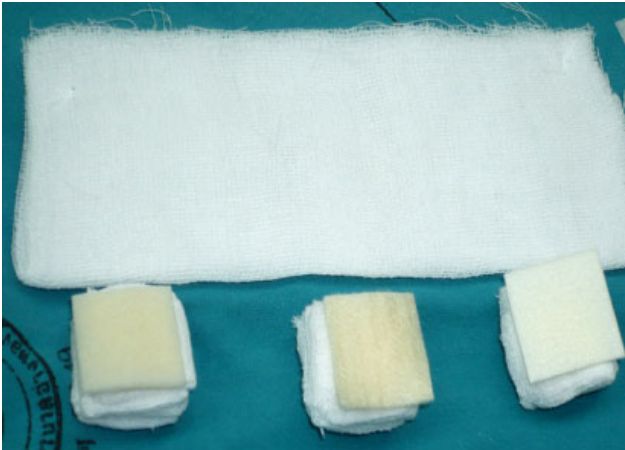
หนาสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น. แผลที่เกิดขึ้นมีขนาดความลึกที่เท่า ๆ กันตลอดบริเวณที่ตัด และมีความกว้างประมาณ ๑.๕ นิ้ว. จากนั้นนำวัสดุที่เตรียมไว้มาปิดบริเวณผิวหนังที่ถูกตัดเลาะออก ปิดทับวัสดุด้วยผ้าก๊อช แล้วใช้มือกดทับวัสดุอย่างเบา ๆ เพื่อป้องกันการหลุดร่วงของวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ ๑-๗. จากนั้นสังเกตการหยุดไหลของเลือดที่เวลา ๕ และ ๘ นาที พร้อมทั้งบันทึกภาพแผลเมื่อถึงเวลาที่กำหนด แล้วเปิดแผลไว้ ๓๐ วินาที เพื่อสังเกตการหยุดไหลของเลือดบริเวณแผลที่ปิดด้วยวัสดุทดสอบ และบันทึกภาพแผลอีกที่เวลา ๕ นาที ๓๐ วินาที และ ๘ นาที ๓๐ วินาที. เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ ทำการ



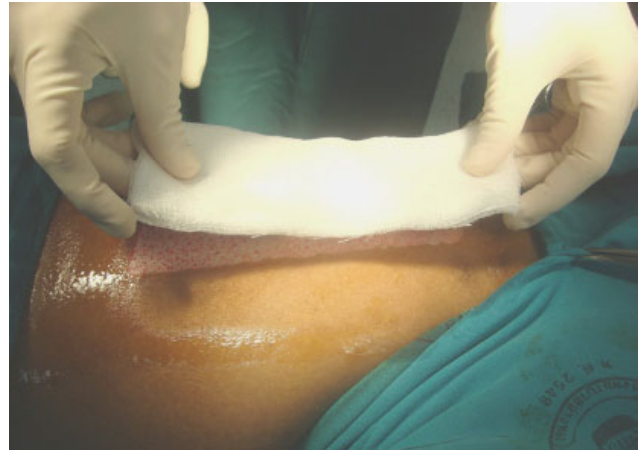
รูปที่ ๑ ภาพตำแหน่งผิวหนังที่จะถูกตัดเลาะเพื่อการปลูกถ่าย



รูปที่ ๒ ภาพเครื่องตัดผิวหนังด้วยแรงดันลม (air dermatome)



รูปที่ ๓ ภาพการเตรียมวัสดุทดสอบชนิดต่าง ๆ ก่อนการปิดบาดแผล



รูปที่ ๔ ภาพการปิดผ้าก๊อชให้ครอบคลุมบาดแผล



รูปที่ ๕ ภาพการตัดเลาะผืนหนัง



รูปที่ ๖ ภาพการวางมือกดทับวัสดุ



รูปที่ ๗ ภาพการวางวัสดุและผ้าก๊อชบนบาดแผล

ซึ่งวัสดุทดสอบและผ้าก๊อช เพื่อคำนวณหาปริมาณเลือดที่สูญเสียจากบริเวณบาดแผลที่ปิดด้วยวัสดุทดสอบชนิดต่าง ๆ.

**การวิเคราะห์ข้อมูล:** ปริมาณเลือดที่สูญเสียที่คำนวณได้ จะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วย one-way ANOVA (Scheffe-test) เพื่อดูว่าผลที่ได้ในแต่ละกลุ่มทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ๐.๐๕ หรือไม่.

### ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยปริมาณเลือดที่สูญเสียจากบริเวณบาดแผลที่ปิดด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ ๑ จากการศึกษานี้พบ



ตารางที่ ๑ แสดงปริมาณเลือดที่สูญเสียจากบริเวณบาดแผล\*

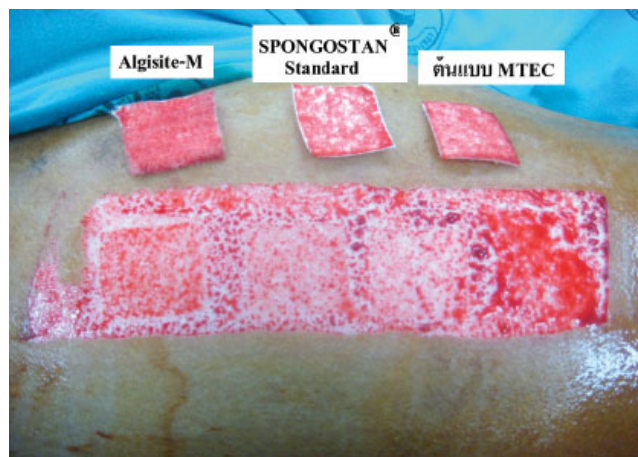
วัสดุทดสอบ	น้ำหนัก วัสดุ (กรัม)	ความหนา ของวัสดุ (มิลลิเมตร)	ปริมาณเลือดที่สูญเสีย ที่ถูกดูดซับในวัสดุ (กรัม)	ปริมาณเลือดที่สูญเสีย ที่ถูกดูดซับในผ้ากอซ (กรัม)	ปริมาณเลือด ที่สูญเสียรวม (กรัม)
ต้นแบบของ MTEC	๐.๐๖๔±๐.๐๐๕	๑.๕๗	๐.๓๑๓±๐.๑๘๑	๐.๑๔๔±๐.๑๑๗	๐.๔๕๗±๐.๒๙๘
SPONGOSTAN® Standard	๐.๐๖๘±๐.๐๒๐	๑.๕๐	๐.๒๓๒±๐.๐๘๑	๐.๒๑๑±๐.๑๘๗	๐.๔๔๓±๐.๒๕๓
Algisite-M	๐.๐๕๕±๐.๐๑๖	๐.๗๘	๐.๒๗๓±๐.๐๗๐	๐.๒๒๔±๐.๑๘๑	๐.๔๙๗±๐.๒๕๔

\*ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาจากการทดสอบในผู้ป่วยจำนวน ๘ ราย

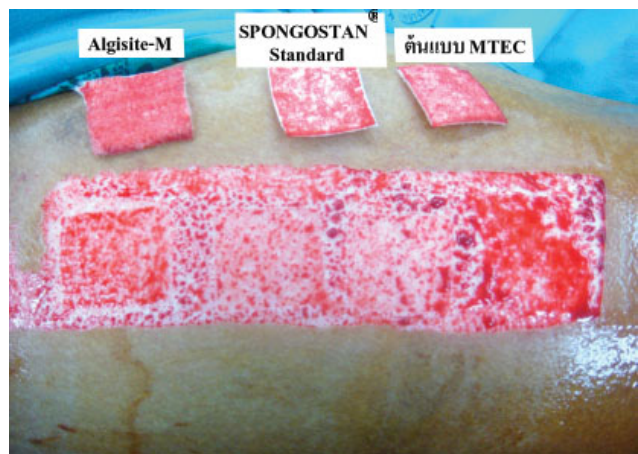
ว่า ปริมาณเลือดที่สูญเสียที่วัดได้ในวัสดุทดสอบเรียงลำดับจากน้อยไปมาก พบในแผลที่ปิดด้วย SPONGOSTAN® Standard, Algisite-M และวัสดุต้นแบบของ MTEC โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเลือดเท่ากับ ๐.๒๓๒, ๐.๒๗๓ และ ๐.๓๑๓ กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณเลือดที่สูญเสียที่วัดได้ในผ้ากอซที่ปิดทับวัสดุทดสอบชนิดต่าง ๆ เรียงลำดับจากน้อยไปมาก พบในแผลที่ปิดด้วยวัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC, SPONGOSTAN® Standard และ Algisite-M โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเลือดเท่ากับ ๐.๑๔๔, ๐.๒๑๑ และ ๐.๒๒๔ กรัม ตามลำดับ.

### วิจารณ์

การที่ลำดับปริมาณเลือดที่สูญเสียที่วัดได้ในวัสดุทดสอบแต่ละชนิดไม่สอดคล้องกับลำดับปริมาณเลือดที่สูญเสียที่วัดได้ในผ้ากอซที่ปิดทับวัสดุนั้น ๆ อธิบายได้ว่าความสามารถในการดูดซับเลือดของวัสดุที่แตกต่างกัน. ในการทดสอบนี้วัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC และ SPONGOSTAN® Standard มีน้ำหนักและความหนาที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ Algisite-M มีน้ำหนักที่มากกว่าและมีความหนาที่น้อยกว่า ดังแสดงในตารางที่ ๑. การที่วัสดุต้นแบบของ MTEC ดูดซับเลือดได้ในปริมาณที่มากที่สุด ในขณะที่ปริมาณเลือดที่สูญเสียรวมไม่มีความแตกต่างในระหว่างกลุ่มทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในตารางที่ ๑ นั้น แสดงให้เห็นว่า วัสดุต้นแบบของ MTEC มีความสามารถในการดูดซับเลือดได้ดีที่สุด ซึ่งเป็น



รูปที่ ๔ ภาพแผลหลังการปิดห้ามเลือดเป็นเวลา ๕ นาที



รูปที่ ๕ ภาพแผลหลังการปิดห้ามเลือดเป็นเวลา ๕ นาที และเปิดบาดแผลทิ้งไว้ ๗๐ วัน

ผลดีต่อการใช้งาน ทำให้ไม่ต้องใช้ผ้าก๊อซในปริมาณมากในการปิดทับวัสดุ อีกทั้งความสามารถในการดูดซับเลือดที่ดีจะทำให้แผลอยู่ในสภาพที่แห้ง (ปราศจากเลือด) ทำให้สัมผัสกับวัสดุได้ดีขึ้น ส่งผลให้การห้ามเลือดดีขึ้น.

จากการสังเกตลักษณะของแผลและการหยุดไหลของเลือดบริเวณบาดแผลที่ปิดด้วยวัสดุทดสอบ (รูปที่ ๘-๑๑) พบว่าไม่มีความแตกต่างของการห้ามเลือดของวัสดุทดสอบแต่ละชนิด ที่เวลาห้ามเลือด ๕ นาที กล่าวคือ หลังจากเปิดบาดแผลทิ้งไว้ ๓๐ วินาที ยังพบการซึมของเลือดออกมาจากบาดแผลที่ปิดทับด้วยวัสดุทุกชนิด (รูปที่ ๙) ความแตกต่างของการห้าม

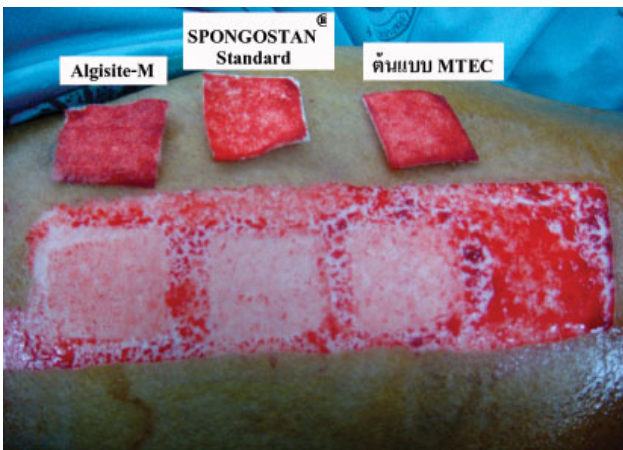
เลือดของวัสดุแต่ละชนิดจะพบได้เมื่อปิดแผลด้วยวัสดุทดสอบเป็นเวลา ๘ นาที ทั้งนี้ที่เปิดวัสดุออก บริเวณแผลที่ปิดด้วยวัสดุจะไม่ค่อยพบเลือด (รูปที่ ๑๐) (คล้ายกับว่าได้เกิดการหยุดไหลของเลือดแล้ว) แต่หลังจากเปิดบาดแผลทิ้งไว้ ๓๐ วินาที พบว่า วัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC สามารถทำให้เลือดหยุดได้ดีกว่าวัสดุทางการค้าทั้งสองชนิด กล่าวคือเลือดที่ซึมออกมาจากบริเวณบาดแผลที่ปิดด้วยวัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับเลือดที่ซึมออกมาจากบริเวณที่ปิดด้วยวัสดุทางการค้าทั้งสองชนิด (รูปที่ ๑๑).

## สรุป

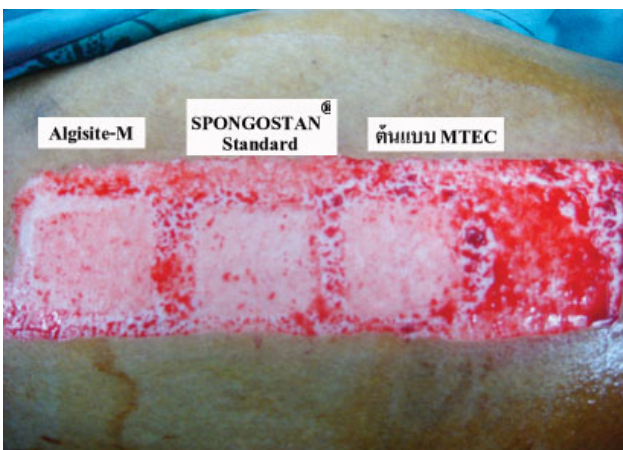
จากการศึกษาประสิทธิภาพการห้ามเลือดของแผลที่เกิดจากการตัดผิวหนังเพื่อการปลูกถ่ายโดยใช้วัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC เปรียบเทียบกับวัสดุทางการค้า ๒ ชนิด (SPONGOSTAN<sup>®</sup> Standard และ Algisite-M) พบว่าปริมาณเลือดที่สูญเสียรวมไม่มีความแตกต่างในระหว่างกลุ่มทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า  $p < 0.05$ ) แต่จากการสังเกตจะพบว่า วัสดุห้ามเลือดต้นแบบของ MTEC สามารถหยุดเลือดได้ดีกว่าวัสดุทางการค้าทั้งสองชนิด. หลังจากการปิดแผลด้วยวัสดุเป็นเวลา ๘ นาที เนื่องจากพบการซึมไหลของเลือดที่น้อยที่สุดหลังจากการเปิดวัสดุออกเป็นเวลา ๓๐ วินาที. เพื่อให้ได้ผลสรุปที่น่าเชื่อถือและเป็นสากล คณะผู้วิจัยจะเพิ่มจำนวนทดสอบให้มากขึ้นและประเมินผลด้วยวิธีการที่สามารถตรวจนับได้ต่อไป.

## ข้อเสนอแนะ

แนวทางการวิเคราะห์ผลการห้ามเลือดที่ตรวจนับได้สามารถทำได้โดยการบันทึกภาพบาดแผลที่เวลา ๘ นาที และหลังการเปิดบาดแผลทิ้งไว้ ๓๐ วินาที ด้วยกล้องดิจิทัลที่มีความละเอียดสูง. จากนั้นนำรูปที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเลือดโดยวัดร้อยละของพื้นที่บริเวณที่มีเลือดด้วยเทคนิควิเคราะห์ภาพ. อย่างไรก็ตามวิธีนี้สามารถตรวจวัดปริมาณเลือดใน ๒ มิติเท่านั้น.



รูปที่ ๑๐ ภาพแผลหลังการปิดห้ามเลือดเป็นเวลา ๘ นาที



รูปที่ ๑๑ ภาพแผลหลังการปิดห้ามเลือดเป็นเวลา ๘ นาที และเปิดบาดแผลทิ้งไว้ ๓๐ วินาที

## เอกสารอ้างอิง

๑. <http://faculty.ucc.edu/biology-potter/hemostasis.htm>.
๒. กฤษณา ปทีปโชติวงษ์. ระบบปัจจัยการแข็งตัวของเลือด. ใน: พรศรี ตันตินิติ, พรวิรัช ลำเจียกเทศ, กฤษณา ปทีปโชติวงษ์ (บรรณาธิการ). ความรู้พื้นฐานของกลไกการห้ามเลือด ฉบับพิมพ์ครั้งที่ ๑. ภาควิชาจุลทรรศนศาสตร์คลินิก, คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ๒๕๔๑:๔๖-๖๕.
๓. Sondeen JL, Pusateri AE, Coppes VG, Gaddy CE, Holcomb JB. Comparison of 10 different hemostatic dressings in an aortic injury. *J Trauma* 2003;54:280-285.
๔. Hamilton DD. War in Iraq : Battlefield medical advances may save wounded soldiers. *The Wall Street Journal* March 20, 2003.
๕. Libby B. Pushing to build a better bandage. *New York Times* March 4, 2003.
๖. Jewelewicz DD, Cohn SM, Crookes BA, Proctor KG. Modified rapid development hemostat bandage reduces blood loss and mortality in coagulopathic pigs with severe liver injury. *J Trauma* 2003;55:275-81.
๗. สุชาติ สุนทรชัชเวช, อัสพร อภิญาวงศ์เลิศ. การศึกษาผลของ Chitin และ Chitosan ต่อการแข็งตัวของเลือด. โครงการพิเศษปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, ๒๕๓๗.
๘. วนิดา จันทรวีกุล, ปวีณา อุปนันต์, บุญล้อม ถาวรยุคิการต์, จิรวัช แก้วเรือง, รุจิพร ประทีปเสนา. In vitro comparative haemostatic studies of chitin, chitosan, and their derivatives. *J Appl Polym Sci* 2006;102:445-451.
๙. คำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เลขที่คำขอ ๑๐๓๐๕๑ ๘ ส.ค. ๒๕๔๘) “วัสดุเร่งการแข็งตัวของเลือดจากสารผสมระหว่างอนุพันธ์ไคติน/ไคโตซานกับโซเดียมแอลจินเนต” โดย นางสาวนิดา จันทรวีกุล นางสาวบุญล้อม ถาวรยุคิการต์ และนางสาวปวีณา อุปนันต์.
๑๐. คำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เลขที่คำขอ ๐๗๐๑๐๐๖๔๑๑ ๑๔ ธ.ค. ๒๕๕๐) “กรรมวิธีการผลิตวัสดุห้ามเลือดจากสารผสมของคาร์บอกซีเมทิลไคติน/ไคโตซานกับโซเดียมแอลจินเนตที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วยการอบไอน้ำ” โดย นางสาวนิดา จันทรวีกุล นางสาวบุญล้อม ถาวรยุคิการต์ นางสาวปวีณา อุปนันต์ และนางสาววาสนา โคสอน.
๑๑. วนิดา จันทรวีกุล, ปวีณา อุปนันต์, วาสนา โคสอน, ดวงพร พูลสุขสมบัติ, รุจิพร ประทีปเสนา. Evaluation of efficacy of chitosan derivative based hemostat: in vitro and in vivo studies. *Proceedings of The 2nd International Symposium on Biomedical Engineering (ISBME2006)*, Bangkok, Thailand, November 8-10, 2006.