



Review Article

การปิดผนังหน้าท้องหลังการผ่าตัดควบคุมความเสียหายจากการบาดเจ็บช่องท้อง

แพทย์หญิงไพลิน อินทรวงศ์¹
รองศาสตราจารย์ นายแพทย์อมรพล กันเลิศ²

¹ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ

²สาขาศัลยศาสตร์อุบัติเหตุและการบริหารผู้ป่วยวิกฤตศัลยกรรม ภาควิชาศัลยศาสตร์

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

การผ่าตัดเพื่อควบคุมการบาดเจ็บ (damage control surgery) ได้รับความนิยมมากขึ้นและถือเป็นการรักษาหลักในผู้ป่วยบาดเจ็บช่องท้องที่รุนแรง การผ่าตัดวิธีนี้จะเกิดภาวะการเปิดผนังหน้าท้อง (open abdomen) ความยุ่งยากมักเกี่ยวข้องกับแผนการปิดผนังหน้าท้อง ซึ่งมีปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจหลายประการได้แก่ ระดับของการบาดเจ็บ ขนาดและพื้นที่เสียหาย การติดเชื้อ ระยะของโรค การบาดเจ็บที่เกี่ยวข้อง และความเจ็บป่วยก่อนหน้าของผู้ป่วย วิธีการที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ได้แก่ การเย็บปิดผนังหน้าท้องปฐมภูมิ การปลูกถ่ายผิวหนัง การปิดด้วยแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ การปิดด้วยเนื้อเยื่อปะปลูก การปิดด้วยการแยกส่วนของกล้ามเนื้อผนังหน้าท้อง การปลูกถ่ายผนังหน้าท้อง หรืออาจมีความจำเป็นต้องยอมรับการเกิดไส้เลื่อนผนังหน้าท้องและนำมาแก้ไขเพื่อปิดผนังหน้าท้องในภายหลัง

คำสำคัญ: การปิดผนังหน้าท้อง; ภาวะการเปิดผนังหน้าท้อง; การผ่าตัดเพื่อควบคุมการบาดเจ็บ

Submission 7 September 2023 | Revised 22 February 2024 | Accepted 24 February 2024 | Published online 28 February 2024

*ผู้เขียนหลัก นพ.อมรพล กันเลิศ

ภาควิชาศัลยศาสตร์ ชั้น 6 อาคารกิตติวัฒนา โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ

95 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์: 02-926-9523 แฟกซ์: 02-926-9530

อีเมลล์: amonponk@hotmail.com; kamonpon@tu.ac.th



Abdominal Wall Reconstruction Following Damage Control Surgery

Pailin Intarasangkhanawin, M.D.¹

Amonpon Kanlerd, M.D.^{2,*}

¹Department of Surgery, Faculty of Medicine, Thammasat University,
Thammasat University Hospital, Pathum thani, Thailand

²Trauma and Surgical Critical Care Division, Department of Surgery, Faculty of Medicine,
Thammasat University, Pathum thani, Thailand

ABSTRACT

Damage control surgery is famously utilized and is the mainstay treatment for treating severe abdominal trauma. This method usually results in open abdomen status, which is complicated in decision-making. Many factors are associated with treatment design, such as degree of injury, size, area involved, presence or absence of infection, timing and staging, associated injuries, and prior illnesses. Current evidence suggests primary fascial closure, split-thickness skin graft, mesh repair, flap reconstruction, component separation, abdominal wall transplantation, or planned ventral hernia as an appropriate choice for closing the abdominal wall.

Keywords: abdominal wall reconstruction; open abdomen; damage control surgery

Submission 7 September 2023 | Revised 22 February 2024 | Accepted 24 February 2024 | Published online 28 February 2024

***Corresponding Authors:** Amonpon Kanlerd

6th floor, Kittiwattana building, Department of Surgery, Thammasat University Hospital,
95 Paholyothin Road, Klongnong, Klongluang District, Pathum thani, 12120, Thailand.

Tel: +662-926-9523 Fax: +662-926-9530

E-mail: amonponk@hotmail.com; kamonpon@tu.ac.th

บทนำ

การบาดเจ็บที่รุนแรงต่ออวัยวะภายในช่องท้องทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (physiologic derangement) เกิดเป็น lethal triad of death¹ ได้แก่ อุณหภูมิร่างกายต่ำ (hypothermia) เลือดเป็นกรด (metabolic acidosis) และการแข็งตัวของเลือดผิดปกติ (coagulopathy) เกิดอวัยวะล้มเหลวหลายระบบ (multi-organ failure) และเสียชีวิตในที่สุด

การควบคุมความเสียหาย (damage control; DC) นำมาจากทฤษฎีของกองทัพเรือสหรัฐฯ ในการตรวจสอบความเสียหายของเรือและทำการซ่อมแซมเบื้องต้นในระหว่างสงคราม เพื่อนำเรือกลับสู่ฐานทัพและทำการซ่อมแซมจนเสร็จสมบูรณ์ต่อไป² ทางแพทย์การผ่าตัดควบคุมความเสียหาย (damage control surgery; DCS) หมายถึง เทคนิคการจัดการผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บโดยผ่าตัดควบคุมความเสียหายเบื้องต้น (initial laparotomy) หลังจากนั้นนำผู้ป่วยไปฟื้นคืนสัญญาณชีพด้วยหลักการรักษาแบบกู้ชีพ (damage control resuscitation; DCR) ต่อที่หอผู้ป่วยวิกฤต (intensive care unit; ICU) แล้วนำกลับมาผ่าตัดอีกครั้งเพื่อรักษาการบาดเจ็บของอวัยวะทั้งหมดให้เสร็จสิ้น (definitive laparotomy; DL)

DCS เริ่มกล่าวถึงในปี ค.ศ. 1983 โดย Stone และคณะ³ เปรียบเทียบการผ่าตัดรักษาผู้ป่วยบาดเจ็บช่องท้องด้วยวิธีปกติคือ ผ่าตัดเปิดช่องท้องและรักษาการบาดเจ็บให้เสร็จสิ้นในครั้งเดียวจำนวน 14 ราย พบว่ามีผู้ป่วยรอดชีวิตเพียง 1 ราย เทียบกับการผ่าตัดเพื่อหยุดวงจร lethal triad แล้วจึงนำผู้ป่วยผ่าตัดอีกครั้งหลังจากสัญญาณชีพคงที่จำนวน 17 ราย พบผู้ป่วยรอดชีวิตถึง 11 ราย ต่อมาในปี ค.ศ. 1993 Michael F. Rotondo และคณะ⁴ ได้รายงานผลการศึกษาเปรียบเทียบการผ่าตัดรักษาผู้ป่วยบาดเจ็บช่องท้องแบบแทงทะลุ (penetrating abdominal

injury) จำนวน 46 ราย ในระยะเวลา 3 ปี 6 เดือน เทียบผลการรักษาโดยวิธี DL จำนวน 22 ราย กับ DCS จำนวน 24 ราย พบว่าอัตราการรอดชีวิตทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (58% vs 55%) แต่พบว่าหากผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บต่อหลอดเลือดสำคัญหรืออวัยวะภายในตั้งแต่ 2 อวัยวะขึ้นไป ซึ่งมีจำนวน 22 รายในการศึกษานี้ (DL 9 ราย และ DCS 13 ราย) พบว่ากลุ่ม DCS มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่า (11% vs 77%)

การศึกษาของ Michael F. Rotondo และคณะ⁵ แบ่ง DC เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ DC I คือการผ่าตัดแบบย่อ (abbreviated laparotomy) DC II คือการรักษาเพื่อกู้ชีพ (physiologic restoration) และ DC III คือการผ่าตัดซ้ำเพื่อซ่อมแซม (re-exploration) ต่อมา Johnson และคณะ⁶ ได้เพิ่มระยะ DC ground zero คือ ระยะก่อนผ่าตัดนับตั้งแต่การดูแลก่อนถึงโรงพยาบาล เป้าหมายเพื่อลดระยะเวลานำส่งผู้ป่วย ลดระยะเวลาการรักษาที่ห้องฉุกเฉิน และนำผู้ป่วยเข้าห้องผ่าตัดให้เร็วที่สุด พบว่าอัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยจะสูงถึง 90%

ปัจจุบัน DC แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน⁷ ได้แก่

Stage I: patient selection for abbreviated laparotomy (damage control ground zero; DC 0)

Stage II: abbreviated laparotomy and intraoperative reassessment (damage control part I; DC I)

Stage III: physiologic restoration in the surgical ICU (damage control part II; DC II)

Stage IV: return to the operation room for definite procedure (damage control part III; DC III)

Stage V: abdominal wall closure or reconstruction (damage control part IV; DC IV)

ในบทความนี้จะขอเน้นเรื่องเกี่ยวกับระยะที่ 5 คือ การ

ผ่าตัดซ่อมแซมผนังหน้าท้องหลังการผ่าตัดควบคุมความเสียหายจากการบาดเจ็บช่องท้อง

การปิดผนังหน้าท้องหลังการผ่าตัดควบคุมความเสียหายจากการบาดเจ็บช่องท้อง (Abdominal wall closure/reconstruction following damage control surgery)

การนำผู้ป่วยเข้าห้องผ่าตัดอีกครั้งหลังจากศัลยกรรมของผู้ป่วยเข้าสู่ภาวะปกติ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงเวลา 6-72 ชั่วโมงหลังจากการผ่าตัดแบบย้อนย่อ^๑ ซึ่งมักจะเกิดภาวะการเปิดผนังหน้าท้อง (open abdomen; OA) และเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างกับผู้ป่วย ได้แก่ การเสียสมดุลของเหลวและเกลือแร่ (fluid and electrolyte imbalance) การตอบสนองต่อการอักเสบตามระบบแฉะลง (systemic inflammatory response deterioration) เกิดแผลซอนทะลุของทางเดินอาหาร (gastrointestinal fistula) เกิดพังผืด (adhesion) การติดเชื้อหรือฝีในช่องท้อง (intra-abdominal infection/abscess) ความเครียดทางร่างกายและจิตใจ และค่าใช้จ่ายในการรักษาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรเย็บปิดผนังหน้าท้องให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ การเย็บปิดผนังหน้าท้องควรทำโดยไม่เกิดแรงดันที่มากเกินไป เพราะทำให้มีการเพิ่มความดันในช่องท้อง (increase intra-abdominal pressure) ไล่เลื่อนผนังหน้าท้อง (ventral hernia) หรือผนังหน้าท้องแยก (fascia dehiscence)

เป้าหมายของการผ่าตัดปิดผนังหน้าท้อง¹⁰ ได้แก่

1. คืนสภาพความสมบูรณ์ของชั้นพังผืดกล้ามเนื้อ (musculofascial layer) และชั้นเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue layer)
2. ป้องกันการหย่อนตัวของอวัยวะในช่องท้อง (visceral eventration)

3. คืนกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อผนังหน้าท้อง (dynamic muscle support)

ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกวิธีการปิดผนังหน้าท้อง ได้แก่ ระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บ (degree of injury) ขนาดและพื้นที่เสียหาย (size and area involved) การติดเชื้อ (presence or absence of infection) ระยะเวลาและระยะของแผลเปิดหน้าท้อง (timing and staging) การบาดเจ็บที่เกี่ยวข้อง (associated injuries) และความเจ็บป่วยก่อนหน้าของผู้ป่วย (prior illness)

วิธีการปิดผนังหน้าท้องทำได้หลายวิธี¹¹ ได้แก่ การเย็บปิดผนังหน้าท้องปฐมภูมิ (primary closure) การปลูกถ่ายผิวหนังด้วยวิธี split-thickness skin grafting (STSG) การปิดด้วยแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ (mesh repair) การปิดด้วยเนื้อเยื่อปะปลูก (flap reconstruction) การปิดด้วยการแยกส่วนของกล้ามเนื้อผนังหน้าท้อง (component separation) การปลูกถ่ายผนังหน้าท้อง (abdominal wall transplantation) โดยอาจใช้อุปกรณ์ขยายเนื้อเยื่อ (tissue expander) หรือ อุปกรณ์ปิดแผลแบบสุญญากาศ (vacuum-assisted closure; VAC) มาช่วยให้การปิดง่ายขึ้น หากไม่สามารถปิดหน้าท้องได้ด้วยเทคนิคข้างต้น อาจมีความจำเป็นต้องยอมรับการเกิดไส้เลื่อนผนังหน้าท้อง (planned ventral hernia) แล้วทำการซ่อมผนังหน้าท้องใน 6-12 เดือนต่อมา โดยระยะเวลาในการเย็บปิดผนังหน้าท้องแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ การเย็บปิดผนังหน้าท้องทันที (early abdominal fascial closure; EAFC) คือ การเย็บปิดภายใน 8 วันนับจากผ่าตัดเปิดช่องท้องครั้งแรก พบว่าโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนลดลงเหลือ 12%¹² และการเย็บปิดผนังหน้าท้องภายหลัง (delayed abdominal fascial closure; DAFC) คือ การเย็บปิดหลัง 8 วันนับจากผ่าตัดครั้งแรก พบว่ามีภาวะแทรกซ้อนเพิ่มมากขึ้น 52%

ที่พบบ่อย ได้แก่ แผลซอนทะลุของทางเดินอาหารพบได้ 11.5%^{12,13}

เทคนิคการเย็บปิดผนังท้องหลังการผ่าตัดแบบควบคุมความเสียหาย (Abdominal closure technique after DCS)

1. Primary closure

เป็นการเย็บชั้นพังผืดหุ้มกล้ามเนื้อผนังหน้าท้อง (rectus sheath) เข้าหากันโดยตรง อาจเย็บเป็นคำ (interrupted) หรือการเย็บต่อเนื่อง (continuous) ก็ได้ ผู้นิพนธ์แนะนำการใช้ไหมขนาดใหญ่ อาจใช้ไหมละลายเช่น No.1 polyglactin หรือ polydioxanone (PDS) loop หรือไหมไม่ละลายเส้นเดียวเช่น nylon loop ก็ได้ จากการศึกษาก่อนของ The American Association for the Surgery of Trauma (AAST)¹⁴ พบว่าปัจจัยที่ทำให้การเย็บปิดผนังหน้าท้องสำเร็จ ได้แก่ เพศหญิง แรงดันสูงสุดช่วงการหายใจเข้าอยู่ในค่าต่ำ (lower peak airway pressure) ค่าคะแนนความรุนแรงของการบาดเจ็บ (injury severity score; ISS) <15 ระดับแลคเตต (serum lactate) ต่ำ ค่ากรดต่างในเลือดแดง (arterial pH) สูง และมีการเสียเลือดน้อย กลุ่มผู้ป่วยที่เย็บปิดผนังหน้าท้องปฐมภูมิสำเร็จจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผลซอนทะลุระหว่างทางเดินอาหารกับผิวหนัง (enterocutaneous fistula; ECF) โพรงหนองในช่องท้อง ระยะเวลาการนอนในหอผู้ป่วยวิกฤต และระยะเวลาที่ใช้เครื่องช่วยหายใจต่ำกว่ากลุ่มอื่น และพบว่า 59.1% ของผู้ป่วยที่รอดชีวิตภายหลัง 48 ชั่วโมงจากการบาดเจ็บจะสามารถทำการปิดผนังหน้าท้องปฐมภูมิได้สำเร็จ

2. Temporary abdominal closure (TAC)

เป็นการปิดผนังหน้าท้องชั่วคราวโดยใช้อุปกรณ์พิเศษช่วย เป้าประสงค์เพื่อลดการเสียสมดุลน้ำและเกลือแร่ ควบคุมอุณหภูมิ และลดการปนเปื้อนสารคัดหลั่งที่ช่วย

ให้การดูแลผู้ป่วยทำได้ง่ายขึ้น และเมื่ออวัยวะภายในยุบวม และผนังหน้าท้องหย่อนตัวจึงค่อยทำการปิดผนังหน้าท้องด้วยวิธีการอื่น ซึ่งมักคือการทำเย็บปิดผนังหน้าท้องปฐมภูมิ ในปี ค.ศ. 2011 Justin L. Regner และคณะ¹⁵ พบว่าการใช้อุปกรณ์ TAC ในกลุ่มผู้ป่วยที่ผนังหน้าท้องไม่มีความซับซ้อน (uncomplicated abdomen) ช่วยให้ปิดท้องได้ภายใน 4-7 วัน ส่วนกลุ่มที่ผนังหน้าท้องมีความซับซ้อน (complicated abdomen) ได้แก่ ผู้ป่วยบาดเจ็บหลายอวัยวะ มีการติดเชื้อ ระยะเวลา OA นาน ใช้ความสามารถในการฟื้นชีวิมาก (prolonged resuscitative efforts) จะใช้เวลามากกว่า 7 วันในการปิดผนังหน้าท้อง ส่วนใหญ่ใช้เวลา 20-40 วัน และอัตราการปิดผนังหน้าท้องสำเร็จต่ำ แม้ใช้ TAC โดยเทคนิค TAC ประกอบด้วย

2.1 Non-vacuum-assisted technique

2.1.1 Simple packing ใช้บ่อยในทศวรรษ 1980 ใช้ในผู้ป่วยที่มีเยื่อช่องท้องอักเสบแบบซับซ้อน (complicated peritonitis) หรือโพรงหนองในช่องท้อง โดยใช้ผ้าก๊อชเปียกชนิดที่ไม่ยึดติดลำไส้ (nonadherent wet gauzes) ใส่ไว้ในช่องท้องแล้วเปิดช่องท้องไว้ ข้อดีคือทำได้ง่าย ข้อเสียคือ ต้องทำแผลทุกวัน แผลเกิดการหดรั้ง ปัจจุบันไม่นิยมทำแล้ว

2.1.2 Skin-only closure ใช้เข็มหนีผ้า (towel clip) หรือ เย็บด้วยไหมเส้นเดียวแบบต่อเนื่อง (rapid monofilament running suture) ปิดผิวหนังเข้าหากันเพียงอย่างเดียว ข้อดีคือ ทำได้ง่าย รวดเร็ว ราคาถูก ลดการสูญเสียความร้อนและน้ำได้ ข้อเสียคือ แรงจากการปิดด้วยวิธีนี้ไม่มากพอ ทำให้ลำไส้โผล่เหนือผนังหน้าท้อง (bowel evisceration) ติดเชื้อในช่องท้อง (intra-abdominal infection) หรือความดันช่องท้องสูงวิกฤต (abdominal compartment syndrome; ACS) ได้ อัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อน 13-36% ปัจจุบันไม่นิยมทำแล้ว

2.1.3 Bogota bag รายงานครั้งแรกปี ค.ศ. 1984 โดย Oswaldo A. Borraez¹⁶ เป็นการใส่ถุงน้ำเกลือขนาดใหญ่ (3-L cystoscopy IV fluid) มากางเย็บกับขอบผิวหนังหรือขอบพังผืดในกรณีที่ไม่สามารถเย็บผิวหนังมาติดกับถุงได้ ตัวถุงทำหน้าที่กั้นอวัยวะภายในช่องท้องกับอากาศภายนอก ข้อดีคือ ทำได้ง่าย ราคาถูก ลดการสูญเสียความร้อนและน้ำได้ ไม่ระคายเคืองต่ออวัยวะในช่องท้อง ข้อเสียคือ มีการรั่วซึมของสารคัดหลั่งตามรอยเย็บมาก พบว่าผู้ป่วยที่ปิดท้องด้วยวิธีนี้มีอัตราเสียชีวิตในโรงพยาบาล 12% และเกิดไส้เลื่อนผนังหน้าท้อง 6% หลังติดตามผู้ป่วยไป 48 เดือน ปัจจุบันไม่นิยมทำแล้ว¹⁷

2.1.4 Mesh ในช่วงปี ค.ศ. 1980-2000 มีการใช้แผ่นตาข่ายสังเคราะห์มาปิดช่องท้องชั่วคราว โดยใช้ตาข่ายชนิดไม่ละลาย (nonabsorbable mesh) ได้แก่ mersilene, polypropylene, expanded polytetrafluoroethylene (ePTFE) หรือ composite มาเย็บติดกับชั้นพังผืด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการดึงรั้งออกจากด้านข้างของผนังหน้าท้อง อัตราการปิดช่องท้องสำเร็จอยู่ที่ 33-89% ข้อการใช้ mersilene และ polypropylene ทำให้เกิดแผลหนองทะลุของทางเดินอาหารได้สูงถึง 75% จึงไม่แนะนำให้นำมาใช้แล้ว สำหรับแผ่นตาข่ายชนิด ePTFE และ composite มีอันตรายต่อลำไส้เล็กน้อยกว่าแต่ราคาแพง ส่วนตาข่ายชนิดละลาย (absorbable mesh) ได้แก่ polyglactin หรือ polyglycolic acid mesh สามารถใช้ปิดบาดแผลชั่วคราวได้ อัตราการเกิดแผลหนองทะลุของทางเดินอาหาร 5-10% การศึกษาของ Sutton ในปี ค.ศ. 2013¹⁸ มีการนำแผ่นตาข่าย Gore Bio-A มาใช้ ซึ่งละลายได้เองใน 6 เดือน พบว่าปลอดภัย ใช้ได้ในแผลปนเปื้อนได้ กระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อได้ดี ผู้นิพนธ์แนะนำให้เลือกใช้แผ่นตาข่ายสังเคราะห์ปิดแผลในผู้ป่วยที่อยู่ในแผนการยอมรับการเกิดไส้เลื่อนผนังหน้าท้องมากกว่ากลุ่มที่มีแผนการเย็บปิด

หน้าท้องปฐมภูมิ และกรณีที่ปิดบนลำไส้โดยตรงควรเลือกตาข่ายชนิดที่ละลายได้เท่านั้น

2.1.5 Zipper เป็นเทคนิคการปิดผิวหนังหรือพังผืดเข้าหากันทีละน้อยโดยใช้ซิปปะติดกับขอบ และค่อยๆ รูดปิดหน้าท้อง ข้อดีคือ ราคาถูก ทำง่าย และทำได้ทันที ข้อเสียคือ มีความเสี่ยงต่อการเกิด ACS มีการปนเปื้อนของเหลวในช่องท้องได้หากไม่สามารถปิดได้ทั้งหมด ปัจจุบันไม่นิยมทำแล้ว

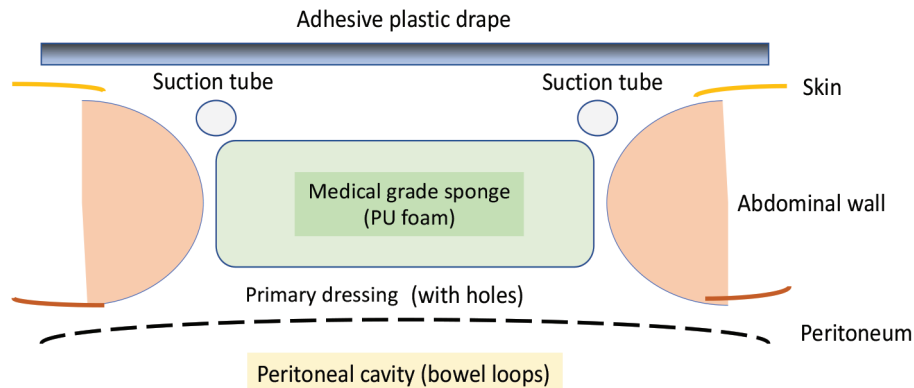
2.1.6 Wittmann patch หรือเทปตีนตุ๊กแก (Velcro sheet) เป็นพังผืดเทียมถูกนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993¹⁹ นำมาเย็บติดกับขอบผนังหน้าท้องเพื่อป้องกันการดึงรั้งผนังหน้าท้อง จากนั้นดึงเข้าหากันในห้องผ่าตัดทีละน้อย จนอวัยวะภายในช่องท้องยุบวมและเย็บปิดผนังหน้าท้องเข้าหากันได้สำเร็จ การศึกษาของ Weinberg และคณะในปี ค.ศ. 2001-2006²⁰ พบว่าอัตราการปิดผนังหน้าท้องสำเร็จอยู่ที่ 78-93%²¹ ข้อดีคือ เพิ่มการไหลเวียนของเลือดและสารอาหารไปยังแผล แรงการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ ช่วยลดการบวมของลำไส้ และให้แรงดึงผนังหน้าท้องเข้าหากันที่ตรงกลางช่องท้อง ข้อเสียคือ ไม่สามารถระบายของเหลวในช่องท้องได้

2.2 Vacuum-assisted closure (VAC)

2.2.1 Barker vacuum pack รายงานครั้งแรกในปี ค.ศ. 1995 โดย Brock และคณะ²² ใช้แผ่นพลาสติก polyethylene เจาะรู คลุมลำไส้ไว้แล้ววางสายดูด (vacuum drain) เหนือแผ่น polyethylene จากนั้นปิดแผลด้วยแผ่นพลาสติกยึดติด (adhesive plastic sheet) แล้วต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ 100-150 มิลลิเมตรปรอท สารน้ำส่วนเกินของร่างกายจะถูกดูดออกมาจากแผลทำให้ลำไส้และผนังหน้าท้องยุบวม แผลหน้าท้องเคลื่อนเข้าหากัน จนสามารถเย็บหน้าท้องติดกันได้ ในที่สุด อัตราการปิดผนังหน้าท้องสำเร็จ 35-92% โดยมีอัตรา

การเกิดแผลซอหนองของทางเดินอาหาร 15%⁹ ปัจจุบันมีการปรับปรุงรูปแบบให้ดีขึ้นโดยใช้โฟม polyurethane ทดแทนแผ่นพลาสติก polyethylene วางเหนือวัสดุปิด

แผลชั้นต้นที่วางบนลำไส้เพื่อป้องกันการติดก่อนปิดด้วยสายดูดและพลาสติกยึดตรึงอีกครั้ง ตามรูปที่ 1



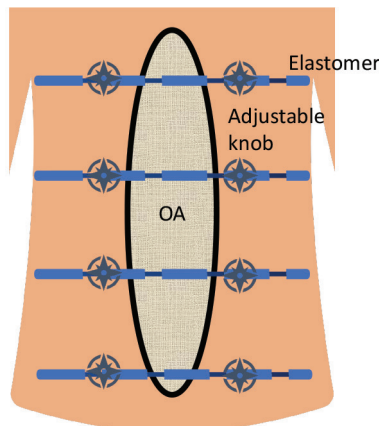
รูปที่ 1 Modified Baker vacuum pack

2.2.2 Commercial vacuum-assisted fascial closure ได้แก่ ABTheraTM เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากโฟม polyurethane ที่ผลิตสำหรับการแพทย์ วางตามแนวรัศมีในช่องท้องเพื่อช่วยระบายของเหลว แล้วปิดด้วยแผ่นพลาสติกยึดติดแบบปราศจากเชื้อ ต่อกับเครื่องดูดสุญญากาศ เปลี่ยนทุก 48-72 ชั่วโมง จากการศึกษาของ Michael L. Cheatham และคณะ²³ พบว่าอัตราการปิดช่องท้องสำเร็จภายใน 30 วัน อยู่ที่ 69% เทียบกับ Barker vacuum pack อยู่ที่ 51% ($p = 0.03$) และอัตราการเสียชีวิตภายใน 30 วันอยู่ที่ 14%

2.2.3 Tension system เป็นการใช้อุปกรณ์พิเศษซึ่งอาจเป็นไหมเย็บ ยางคล้องหลอดเลือด แผ่นตาข่ายสังเคราะห์ หรืออุปกรณ์ผลิตเฉพาะราย เพื่อดึงรั้งผนังช่องท้องเข้าหากันทีละเล็กละน้อย คล้ายการค่อยๆ เพิ่มแรงดึงผนัง

หน้าท้อง มักต้องทำร่วมกับการใช้ VAC เพื่อเพิ่มแรงดึงลดการบวมของผนังหน้าท้องและอวัยวะภายใน และดูดของเหลวส่วนเกินในช่องท้องออก มีวิธีการหลายแบบ ได้แก่

1. Abdominal Re-approximation Anchor System (ABRA®) เป็นเทคนิคการเย็บแผลที่ช่วยให้ขอบพังผืดแนบชิดเข้าหากันผ่านแรงดึงจากยางยืด (elastomer) ที่ยึดข้ามแนวกึ่งกลางหน้าท้อง elastomer จะถูกยึดกับผนังหน้าท้องทุกชั้นห่างจากขอบพังผืด 5 เซนติเมตรโดยตรึงปมเหนือผนังหน้าท้องให้แน่น จากนั้นใช้แผ่นพลาสติกเจาะรูคลุมอวัยวะในช่องท้อง น้ำและของเหลวในช่องท้องจะถูกดูดออกผ่านเครื่องดูดสุญญากาศ ทำให้ผนังหน้าท้องสามารถเย็บปิดได้ในที่สุด จากการศึกษาของ Candace และคณะ²⁴ ในปี ค.ศ. 2006-2011 พบว่าอัตราการปิดช่องท้องสำเร็จอยู่ที่ 83%

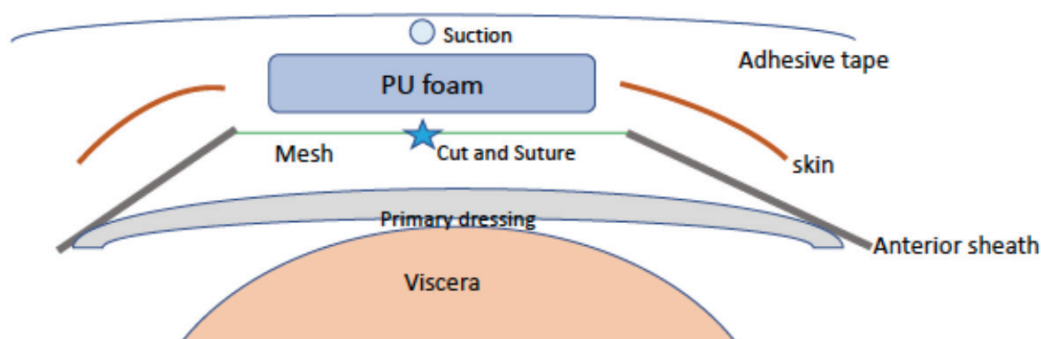


รูปที่ 2 ABRA® system

2. Vacuum-assisted closure with sequential fascial closure ในปี ค.ศ. 2005 Burlew และคณะ²⁵ ได้รายงานเทคนิคการปิดช่องท้องด้วยการเย็บผนังหน้าท้องเข้าหากัน โดยใช้ PDS No. 1/0 เย็บเป็นคำ ร่วมกับการใช้ VAC ปิดชั้นด้านบน และทำการเปิดมาเย็บซ้ำเป็นระยะ พบว่าอัตราการปิดช่องท้องสำเร็จสูงถึง 100%

3. Vacuum-assisted closure with dynamic fascial suture Fortelny และคณะ²⁶ รายงานเทคนิคการปิดช่องท้องด้วยยางคล้องหลอดเลือด (vessel loop) ทำการยึดตรึงในลักษณะที่ปรับแรงดึงหรือดึงเพิ่มเติม (dynamic fascial closure) เย็บแนว vertical ห่างจากขอบแผล 1.5-2 เซนติเมตร เปลี่ยนแผลทุกวัน และดึงยางเข้าทีละเล็กน้อย ร่วมกับการใช้ VAC จนสามารถปิดช่องท้องได้ พบว่าอัตราการปิดช่องท้องสำเร็จ 78.2% ภายใน 12.6 วัน โดยมีอัตราการเกิดแผลซ้อนทะลุของทางเดินอาหาร 3.4% และอัตราการเสียชีวิต 55%

4. Vacuum-assisted wound closure and mesh-mediated fascial traction (VAWCM) เป็นการใช้ VAC ร่วมกับการปิดด้วยแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ polyethylene ยึดขอบพังผืดเข้าหากัน ตัดตรงกลางของแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ เพื่อใช้ในการเย็บดึงรั้งเข้าหากันซ้ำๆ หลายครั้ง จนสามารถเย็บปิดผนังหน้าท้องได้ อัตราการปิดช่องท้องสำเร็จ 78-89% และอัตราการเกิดแผลซ้อนทะลุของทางเดินอาหาร 7-12%



รูปที่ 3 VAWCM technique

3. Fascial bridge closure with mesh

เป็นการปิดผนังหน้าท้องโดยใช้แผ่นตาข่ายสังเคราะห์ ทำหน้าที่ทดแทนพังผืดผนังหน้าท้อง หรือเสริมความแข็งแรงในการปิดผนังหน้าท้องปฐมภูมิ ส่วนใหญ่ควรต้องทำให้มีเนื้อเยื่อมากันล้าไปกับแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ เช่น เยื่อบุช่องท้อง เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากแผ่นตาข่ายสังเคราะห์โดยเฉพาะแผลช่องท้องของทางเดินอาหาร กลไกการทำงานของตาข่ายสังเคราะห์จะช่วยให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ มีการสะสมของ fibroblast และเกิดการจัดเรียงโครงสร้างของเซลล์ (reorganization) เพื่อกลายเป็น

ผนังหน้าท้องใหม่ ตาข่ายสังเคราะห์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติ ได้แก่ การงอกของเนื้อเยื่อ (tissue ingrowth) การห่อหุ้ม (encapsulation) การหดตัว (shrinkage) ขนาดรูพรุน (pore size) ลักษณะการต้านการยึดติด (anti-adhesive) ความเสี่ยงของการติดเชื้อ (risk of infection) การแตกตัวในร่างกาย (in vivo disintegration) ปฏิกิริยาสิ่งแปลกปลอม (foreign body reaction) ความยืดหยุ่นต่อผนังหน้าท้อง (abdominal wall compliance) ความแข็งแรง (burst strength) และราคา (cost) ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของตาข่ายแต่ละชนิด²⁷

	Polyester	Polypropylene	ePTFE	Absorbable
ราคา	+	+	+++	++++
ความแข็งแรง	+++	++	++	++
ความเสี่ยงในการติดเชื้อ	++	+	+++	+
การหดตัว	+++	+	++	++
การห่อหุ้ม	+	+	+++	NA

พบว่า การหดตัวเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกตำแหน่งการวาง และความกว้างของตาข่ายสังเคราะห์ที่ต้องใช้ ปัจจุบันแนะนำให้วางแผ่นตาข่ายสังเคราะห์เหลื่อมปิดผนังหน้าท้องอย่างน้อยข้างละ 5 เซนติเมตร นอกจากนี้ การเลือกแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นเช่น ตำแหน่งการวางแผ่นตาข่าย มีการติดเชื้อหรือการปนเปื้อน (contamination) หรือไม่ และ ความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในบริเวณที่จะวางตาข่ายสังเคราะห์ คุณสมบัติและวัสดุผลิตตาข่ายสังเคราะห์ที่ใช้บ่อย แสดงดังตารางที่ 2

ตำแหน่งการวางแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ (position of mesh)²⁸ สามารถเลือกวางได้หลายตำแหน่งดังนี้

- overlay คือ วางเหนือต่อชั้น anterior rectus sheath อาจวางโดยไม่ได้เย็บผนังหน้าท้อง หรือใช้เสริมความแข็งแรงของการเย็บปิดปฐมภูมิ
- inlay คือ วางระหว่างชั้น anterior และ posterior rectus sheath เทคนิคนี้ไม่แนะนำ เนื่องจากมีอัตราการเกิดไส้เลื่อนซ้ำสูงที่สุด
- sublay คือ วางหลังต่อกล้ามเนื้อ rectus abdominis

ตารางที่ 2 คุณสมบัติและวัสดุของตาข่ายที่ใช้บ่อย

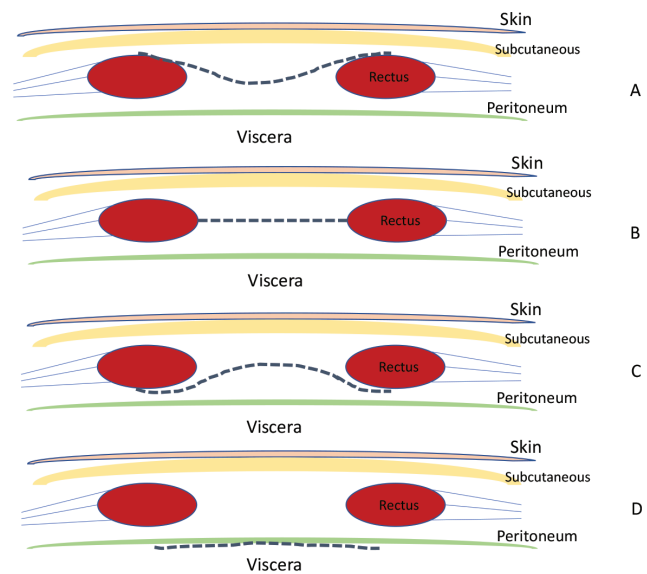
ชนิดของตาข่าย (Type)	คุณสมบัติของตาข่าย (Behavior)	วัสดุของตาข่าย (Material)
Non-absorbable, unprotected mesh (plain mesh)	ตาข่ายจะไม่ละลาย แต่สามารถสลายได้เมื่อเวลาผ่านไป	polyester, polypropylene
Partially absorbable, unprotected	ตาข่ายจะละลายบางส่วน และสามารถสลายได้เมื่อเวลาผ่านไป	PGA, PLA combinations with polyester/polypropylene
Fully absorbable	ตาข่ายจะละลายได้แต่ใช้เวลา copolymer	monomax/P-4-HB/vicryl/PGA
Layered composite (barrier mesh)	ตาข่ายจะไม่ละลาย และจะเป็นฐานรองป้องกันการยึดติด	PLA/PTFE/collagen/polypropylene
Strand-coated composite	ตาข่ายเคลือบด้วยสารแต่ละชนิด polypropylene	PVDF/titanium oxide-coated
ePTFE or cPTFE	ตาข่ายถาวรและไม่ยึดติด	PTFE
Biologic	ตาข่ายชีวภาพทำจากเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต	porcine/bovine reengineered

และ posterior rectus sheath เนื้อเยื่อช่องท้องโดยไม่ต้องเย็บ เรียกว่า Rives-Stoppa repair จากการศึกษานี้ของ Novitsky และคณะ²⁹ ติดตามเฉลี่ย 28 เดือน มีอัตราการเกิดไส้เลื่อนซ้ำ 3% และหากสามารถเย็บปิด posterior rectus sheath ได้จะเรียกว่า modified Rives-Stoppa repair

- underlay คือ วางตาข่ายใต้เยื่อช่องท้อง วิธีนี้จะเกิดความเสี่ยงในการเกิดแผลซอหนองของทางเดินอาหารสูงที่สุด จึงไม่แนะนำให้วางในตำแหน่งนี้

3.1 แผ่นตาข่ายสังเคราะห์ (prosthetic mesh)

จากการศึกษาของ Fansler และคณะ³⁰ ได้รายงานการปิดผนังหน้าท้องในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บและมีภาวะติดเชื้อในช่องท้องด้วยตาข่าย polypropylene เย็บปิดผนังหน้าท้องแบบทันทีหลังการผ่าตัดซ่อมแซมครั้งสุดท้ายพบว่าอัตราการเกิด ECF 50% ต่อมา Dietz และคณะ³¹ ได้เสนอการซ่อมแซมผนังหน้าท้องในผู้ป่วย OA ด้วย



รูปที่ 4 ตำแหน่งการวางตาข่ายสังเคราะห์ช่วยปิดผนังหน้าท้อง
A - Overlay; B - Inlay; C - Sublay; D - Underlay

การใช้แผ่นตาข่าย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ แผ่นตาข่าย polypropylene และ แผ่นตาข่าย polyglycolic acid (PGA) หรือที่เรียกว่า composite mesh พบว่าอัตราการปิดผนังหน้าท้องสำเร็จ 89.5% อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ composite mesh ยังเป็นทางเลือกรองในการนำมาใช้ปิดหน้าท้องผู้ป่วย OA เนื่องจากตาข่ายมีราคาสูง

3.2 แผ่นตาข่ายชีวภาพ (biological mesh)

มีการนำ acellular dermal matrix (ADM) มาจากเนื้อเยื่อของผู้เสียชีวิต (human cadaveric dermis) ผ่านการสกัดเอาเซลล์ทั้งหมดออกเหลือเพียง extracellular matrix กับ basement membrane เท่านั้นมาทำการผลิตแผ่นตาข่ายชีวภาพ มีคุณสมบัติกระตุ้นการสร้าง fibroblast และสะสมคอลลาเจน มีการสร้างหลอดเลือดและเนื้อเยื่อใหม่ มีการสร้างเอนไซม์ช่วยย่อยเนื้อเยื่อตาย ช่วยทำลายแบคทีเรีย ทำให้ตาข่ายชนิดนี้ใช้ได้ดีในสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อน³² ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 ADM ถูกนำมาใช้ในการซ่อมแซมผนังหน้าท้อง พบว่าเข้ากับเนื้อเยื่อรอบข้างได้ดีเสี่ยงต่อการติดเชื้อน้อย เกิดการสีกกร่อนน้อย มีพังผืดยึดติดน้อยกว่าแผ่นตาข่ายสังเคราะห์ ข้อเสียคือ พื้นที่ผิวที่ต้องใช้มีประมาณมาก เนื้อเยื่อยึดเมื่อเวลาผ่านไปเกิดผนังหน้าท้องหย่อน (abdominal wall laxity) และอัตราการกลับเป็นซ้ำของไส้เลื่อนที่ 3 ปี และ 5 ปี อยู่ที่ 11.5% และ 14.6% ตามลำดับ³³

4. Component separation technique

ในปี ค.ศ. 1990 Ramirez และคณะ³⁴ ได้คิดค้นเทคนิคใหม่ในการสร้างผนังหน้าท้องโดยไม่ใช้อวัยวะเทียม โดยแยกชั้นผนังหน้าท้องและขยายชั้นกล้ามเนื้อ เพิ่มความสามารถในการปิดช่องว่างผนังหน้าท้องบริเวณลิ้นปี่ (epigastrium) ได้กว้าง 10 เซนติเมตร บริเวณสะดือ (umbilicus) ได้ 20 เซนติเมตร และ บริเวณเหนือหัว

หน่าว (suprapubic) กว้าง 6 เซนติเมตร ต่อมา de Vries Reilingh และคณะ³⁵ ในปี ค.ศ. 2003 ได้พัฒนาเทคนิคเพิ่มเติมโดยปลดพังผืดของกล้ามเนื้อ external oblique จาก linea semilunaris ทำให้กล้ามเนื้อ rectus abdominis สามารถโยกมาอยู่ตรงกลางได้ เรียกว่า component separation เทคนิคนี้มีอัตราการเป็นไส้เลื่อนซ้ำ 9-32% การศึกษาของ Thomas S. Satterwhite และคณะ³⁶ ในปี ค.ศ. 2002-2010 พบว่าอัตราการเกิดไส้เลื่อนซ้ำลดลง 5 เท่า หากเสริมการซ่อมแซมด้วยตาข่ายชีวภาพ ($p = 0.04$, Odds ratio = 0.22) โดยเฉพาะหากใช้ sandwich technique repair คือการวางแผ่นตาข่ายทั้งชั้น overlay และ underlay ร่วมกับทำ component separation

จากการศึกษาของ de Vries Reilingh และคณะ³⁵ เก็บข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999-2001 เปรียบเทียบผู้ป่วยที่มีไส้เลื่อนผนังหน้าท้องขนาดใหญ่ (giant midline abdominal wall hernia) จำนวน 39 ราย ได้รับการผ่าตัด component separation จำนวน 19 คน และผ่าตัดปิดด้วย prosthetic mesh repair ชนิด e-PTFE จำนวน 18 ราย พบอัตราการเกิดไส้เลื่อนซ้ำในการผ่าตัด component separation 10 ราย คิดเป็น 52% ในขณะที่การผ่าตัดปิดด้วย prosthetic mesh repair พบ 4 ราย คิดเป็น 22% แต่พบภาวะแทรกซ้อนเกี่ยวกับแผล ได้แก่ แผลติดเชื้อ (wound infection) ผิวหนังตาย (skin necrosis) ก้อนเลือดที่แผลผ่าตัด (hematoma) และ น้ำเหลืองคั่ง (seroma) น้อยกว่าในการผ่าตัด component separation เทียบกับ prosthetic mesh repair (52% vs 72%) ในปี ค.ศ. 2002-2016 Razavi และคณะ³⁷ ศึกษาย้อนหลังผู้ป่วยที่ได้รับการซ่อมแซมผนังหน้าท้องทั้งหมด 107 ราย พบว่าผู้ป่วยที่ผ่าตัด component separation ร่วมกับการเสริมแรงด้วยการวางตาข่าย ADM แบบ underlay มีอัตราการกลับเป็นซ้ำน้อยกว่าการใช้ component separation

เพียงอย่างเดียว (14.8% vs 34.6%; $p < 0.02$)

ข้อเสียของการผ่าตัด component separation แบบดั้งเดิมคือ มีการเปิดแยกชั้นไขมันใต้ผิวหนังที่มากเกินไปเพื่อให้เห็นชั้นกล้ามเนื้อ external oblique ทำให้หลอดเลือดรอบสะดือ (periumbilical perforators) ได้รับความเสียหาย เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนของแผล จึงมีการพัฒนาเทคนิคการผ่าตัดแยกส่วนประกอบของกล้ามเนื้อผนังหน้าท้องแบบสงวนหลอดเลือด (perforator-sparing anterior component separation) ขึ้น³⁸ โดยในปี ค.ศ. 2000 Lowe JB และคณะ³⁹ ได้คิดค้นเทคนิคการผ่าตัด endoscopic-assisted component separation

โดยใช้กล้อง endoscopic balloon dissector สร้างพื้นที่ระหว่างชั้นกล้ามเนื้อ internal oblique และ external oblique วิธีนี้จะสามารถปิดผนังหน้าท้องได้ถึงขนาด 15 × 25 เซนติเมตร และ ลดจำนวนวันนอนโรงพยาบาลลงได้ 50% จาก meta-analysis ปี ค.ศ. 2015 ของ Noah J. Switzer และคณะ⁴⁰ เปรียบเทียบการผ่าตัด endoscopic-assisted component separation และ open component separation พบว่าอัตราภาวะแทรกซ้อนของแผลหลังการผ่าตัด endoscopic ต่ำกว่า open (20.6% vs 34.6%) และอัตราการเกิดไส้เลื่อนซ้ำต่ำกว่า (11.1% vs 15.1%)



รูปที่ 5 การทำ component separation เพื่อปิด OA ที่เกิดจาก DCS

ชาย: แผล OA หลังการผ่าตัด DCS ในผู้ป่วย abdominal gunshot และขวา: สามารถปิด fascial closure ได้โดยแยก external oblique sheath ออกจาก rectus muscle

5. Planned ventral hernia

เป็นวิธีจัดการผนังหน้าท้องที่ไม่สามารถปิดได้ด้วยเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้น โดยยอมรับการยื่นของอวัยวะภายในช่องท้องเกิดเป็นไส้เลื่อนผนังหน้าท้อง และปิด

อวัยวะภายในช่องท้องด้วยผิวหนังเดิม (original skin) หรือผิวหนังที่ปลูกถ่าย (skin graft) เมื่อสภาพบาดแผลและสภาพทั่วไปของผู้ป่วยพร้อมเท่านั้น อาจใช้แผ่นตาข่ายสังเคราะห์ชนิดละลายได้มาวางคลุมอวัยวะภายในในช่วง



เอกสารอ้างอิง

- Schreiber MA. Damage control surgery. *Critical Care Clinics*. 2004;20(1):101-18.
- Winnefeld JA. Surface Ship Survivability: An Enduring Issue. *Naval War College Review*. 1983;36(3):4-13.
- Stone HH, Strom PR, Mullins RJ. Management of the major coagulopathy with onset during laparotomy. *Ann Surg*. 1983;197(5):532-5.
- Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, et al. 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma*. 1993;35(3):375-82; discussion 82-3.
- Rotondo MF, Zonies DH. The damage control sequence and underlying logic. *Surg Clin North Am*. 1997;77(4):761-77.
- Johnson JW, Gracias VH, Schwab CW, et al. Evolution in damage control for exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma*. 2001;51(2):261-9; discussion 9-71.
- Moore EE, Burch JM, Franciose RJ, et al. Staged physiologic restoration and damage control surgery. *World J Surg*. 1998;22(12):1184-90; discussion 90-1.
- Campbell A, Chang M, Fabian T, et al. Management of the open abdomen: from initial operation to definitive closure. *Am Surg*. 2009;75(11 Suppl):S1-22.
- Huang Q, Li J, Lau W-y. Techniques for Abdominal Wall Closure after Damage Control Laparotomy: From Temporary Abdominal Closure to Early/Delayed Fascial Closure—A Review. *Gastroenterology Research and Practice*. 2016;2016:2073260.
- Patel NG, Ratanshi I, Buchel EW. The Best of Abdominal Wall Reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. 2018;141(1):113e-36e.
- Pushpakumar SB, Wilhelmi BJ, van-Aalst VC, et al. Abdominal Wall Reconstruction in a Trauma Setting. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2007;33(1):3-13.
- Miller RS, Morris JA, Jr., Diaz JJ, Jr., et al. Complications after 344 damage-control open celiotomies. *J Trauma*. 2005;59(6):1365-71; discussion 71-4.
- Friese RS. The open abdomen: definitions, management principles, and nutrition support considerations. *Nutr Clin Pract*. 2012;27(4):492-8.
- Dubose JJ, Scalea TM, Holcomb JB, et al. Open abdominal management after damage-control laparotomy for trauma: a prospective observational American Association for the Surgery of Trauma multicenter study. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;74(1):113-20; discussion 1120-2.
- Regner JL, Kobayashi L, Coimbra R. Surgical strategies for management of the open abdomen. *World J Surg*. 2012;36(3):497-510.
- Fox VJ, Miller J, Nix AM. Temporary abdominal closure using an i.v. bag silo for severe trauma. *Aorn j*. 1999;69(3):530-5, 7, 9-41.
- Manterola C, Moraga J, Urrutia S. Contained Laparostomy With a Bogota Bag. Results of Case Series. *Cirugía Española (English Edition)*. 2011;89(6):379-85.
- Sutton PA, Evans JP, Uzair S, et al. The use of Gore Bio-A in the management of the open abdomen. *BMJ Case Rep*. 2013;2013:bcr2012008064.
- Wittmann DH, Aprahamian C, Bergstein JM, et al. A burr-like device to facilitate temporary abdominal closure in planned multiple laparotomies. *Eur J Surg*. 1993;159(2):75-9.
- Weinberg JA, George RL, Griffin RL, et al. Closing the open abdomen: improved success with Wittmann Patch staged abdominal closure. *J Trauma*. 2008;65(2):345-8.
- Bee TK, Croce MA, Magnotti LJ, et al. Temporary abdominal closure techniques: a prospective randomized trial comparing polyglactin 910 mesh and vacuum-assisted closure. *J Trauma*. 2008;65(2):337-42; discussion 42-4.
- Brock WB, Barker DE, Burns RP. Temporary closure of open abdominal wounds: the vacuum pack. *Am Surg*. 1995;61(1):30-5.
- Cheatham ML, Demetriades D, Fabian TC, et al. Prospective study examining clinical outcomes associated with a negative pressure wound therapy system and Barker's vacuum packing technique. *World J Surg*. 2013;37(9):2018-30.
- Haddock C, Konkin DE, Blair NP. Management of the open abdomen with the Abdominal



- Reapproximation Anchor dynamic fascial closure system. *Am J Surg.* 2013;205(5):528-33; discussion 33.
25. Burlew CC, Moore EE, Biffl WL, et al. One hundred percent fascial approximation can be achieved in the postinjury open abdomen with a sequential closure protocol. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;72(1):235-41.
26. Fortelny RH, Hofmann A, Gruber-Blum S, et al. Delayed closure of open abdomen in septic patients is facilitated by combined negative pressure wound therapy and dynamic fascial suture. *Surg Endosc.* 2014;28(3):735-40.
27. Oodit R. HIG (SA) Guidelines for the Management of Ventral Hernias. *South African Journal of Surgery.* 2016;54(4):1-32.
28. Diaz JJ, Jr., Cullinane DC, Khwaja KA, et al. Eastern Association for the Surgery of Trauma: management of the open abdomen, part III-review of abdominal wall reconstruction. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;75(3):376-86.
29. Novitsky YW, Porter JR, Rucho ZC, et al. Open preperitoneal retrofascial mesh repair for multiply recurrent ventral incisional hernias. *J Am Coll Surg.* 2006;203(3):283-9.
30. Fansler RF, Taheri P, Cullinane C, et al. Polypropylene mesh closure of the complicated abdominal wound. *Am J Surg.* 1995;170(1):15-8.
31. Dietz UA, Wichelmann C, Wunder C, et al. Early repair of open abdomen with a tailored two-component mesh and conditioning vacuum packing: a safe alternative to the planned giant ventral hernia. *Hernia : the journal of hernias and abdominal wall surgery.* 2012;16(4):451-60.
32. Slater NJ, van der Kolk M, Hendriks T, et al. Biologic grafts for ventral hernia repair: a systematic review. *Am J Surg.* 2013;205(2):220-30.
33. Garvey PB, Giordano SA, Baumann DP, et al. Long-Term Outcomes after Abdominal Wall Reconstruction with Acellular Dermal Matrix. *J Am Coll Surg.* 2017;224(3):341-50.
34. Ramirez OM, Ruas E, Dellon AL. "Components separation" method for closure of abdominal-wall defects: an anatomic and clinical study. *Plast Reconstr Surg.* 1990;86(3):519-26.
35. de Vries Reilingh TS, van Goor H, Charbon JA, et al. Repair of giant midline abdominal wall hernias: "components separation technique" versus prosthetic repair : interim analysis of a randomized controlled trial. *World J Surg.* 2007;31(4):756-63.
36. Satterwhite TS, Miri S, Chung C, et al. Outcomes of complex abdominal herniorrhaphy: experience with 106 cases. *Ann Plast Surg.* 2012;68(4):382-8.
37. Razavi SA, Desai KA, Hart AM, et al. The Impact of Mesh Reinforcement with Components Separation for Abdominal Wall Reconstruction. *The American Surgeon.* 2018;84(6):959-62.
38. Sanford Z, Jayaraman SS, Reza Zahiri H, et al. Endoscopic and Laparoscopic Techniques of Minimally Invasive Components Separation for Abdominal Wall Reconstruction. In: LeBlanc KA, editor. *Laparoscopic and Robotic Incisional Hernia Repair: Current Considerations.* Cham: Springer International Publishing; 2018. p. 117-27.
39. Lowe JB, Garza JR, Bowman JL, et al. Endoscopically assisted "components separation" for closure of abdominal wall defects. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105(2):720-9; quiz 30.
40. Switzer NJ, Dykstra MA, Gill RS, et al. Endoscopic versus open component separation: systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc.* 2015;29(4):787-95.
41. Zosa BM, Como JJ, Kelly KB, et al. Planned ventral hernia following damage control laparotomy in trauma: an added year of recovery but equal long-term outcome. *Hernia.* 2016;20(2):231-8.