## บทความฟื้นวิชา

# สายรัดห้ามเลือดในสนามรบ (Military Tourniquet)

วศิน วาสิกะสิน
กองอายุรกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

### บทนำ

จากการศึกษาของกองทัพสหรัฐ พบว่าบาดแผลในสนามรบ มักเกิดที่บริเวณแขนหรือขาถึงราวร้อยละ 74 และพบว่าบาดแผลบริเวณดังกล่าว เป็นสาเหตุการตายของทหารที่ปฏิบัติหน้าที่ในสนามรบได้โดยเฉพาะที่สมรภูมิเวียดนาม และโซมาเลีย มีหลักฐานว่าทหารที่เสียชีวิตจากบาดแผลดังกล่าวถึงราวร้อยละ 7 น่าจะสามารถป้องกันได้ด้วยการใช้สายรัดห้ามเลือด[1] (Tourniquet) การศึกษาต่อมาพบว่า ทหารที่เสียชีวิตในสงครามต่อต้านการก่อการร้ายของหน่วยรบพิเศษ[2] และของกำลังพลทั้งหมดในอิรักและอัฟกานิสถานถึงร้อยละ 14-23[3] จะรอดชีวิตด้วยการปฐมพยาบาลอย่างถูกวิธี โดยร้อยละ 25 ของกลุ่มนี้ จะรอดชีวิตด้วยสายรัดห้ามเลือด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากใช้ก่อนผู้บาดเจ็บจะมีภาวะช็อค[4]

การศึกษาดังกล่าวเป็นที่มาของการเปลี่ยนแปลงแนวทางการดูแลผู้บาดเจ็บในสนามรบครั้งใหญ่ในกองทัพสหรัฐ (Tactical combat casualty care: TCCC) มีการตั้งคณะกรรมการเพื่อวิจัยและพัฒนาแนวทางการปฏิบัติอยู่สม่ำเสมอ โดยมีเป้าประสงค์หลักเพื่อป้องกันการเสียชีวิตที่สามารถป้องกันได้ตามหลักฐานทางวิชาการ เริ่มจากหน่วยรบพิเศษของสหรัฐในยุคทศวรรษที่ 90 จนถึงหน่วยอื่นในกองทัพในช่วงเวลาถัดมา แม้ว่าจะยังไม่มีการศึกษาที่แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ ว่าอัตราการเสียชีวิตจะลดลงก็ตาม (เนื่องจากทำขั้นตอนการศึกษาได้ยาก) แต่ก็มีรายงานเบื้องต้นจำนวนมากว่า ว่าหน่วยทหารที่ใช้หลักการนี้ สามารถป้องกันการเสียชีวิตจากการรบได้[5,6] โดยไม่พบว่าการใช้สายรัดห้ามเลือดทำให้เกิดผลข้างเคียงตามมามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ[7-9] สำหรับข้อบ่งใช้สายรัดห้ามเลือดตามแนวทางกองทัพสหรัฐ พ.ศ. 2561 ได้แก่ การห้ามเลือดที่แขนหรือขาในระหว่างปะทะ (care under fire) การห้ามเลือดออกมากที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิต แขนขาขาด หรือมีแผลที่ห้ามเลือดด้วยวิธีอื่นไม่สำเร็จ นอกจากนี้ ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ได้เพิ่มคำแนะนำการใช้สายรัดห้ามเลือดชนิดใหม่ คือสายรัดบริเวณลำตัว (junctional tourniquet)[10]

ในกองทัพบกไทย เริ่มมีการนำแนวทาง TCCC ดังกล่าวมาใช้ในบางหน่วยแล้ว แต่สายรัดห้ามเลือดที่อยู่ในอัตรา ยังคงใช้สายยางที่ถูกพัฒนามาตั้งแต่ยุคสมรภูมิเขาค้อ พ.ศ. 2516 โดยดัดแปลงจากสายยางในห้องผ่าตัดที่ศัลยแพทย์ใช้เป็นท่อระบายจากอวัยวะภายในร่างกาย (latex rubber tubing) ซึ่งมีข้อดีคือราคาถูกมาก แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญ คือ ทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อ ไม่สามารถใช้งานได้ด้วยมือข้างเดียว จัดเก็บลำบาก และปัญหาการดูแลรักษาที่จะเสื่อมสภาพเมื่อตากแดด

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ของสายรัดห้ามเลือดที่แขนและขาแต่ละชนิดที่มีจำหน่ายอย่างแพร่หลายในตลาดโลก เพื่อเป็นแนวทางนำมาพัฒนาสายรัดห้ามเลือดของไทย

### ชนิดของสายรัดห้ามเลือด

หลักการของสายรัดห้ามเลือด คือการหยุดการไหลของเลือดจากหลอดเลือดแดงใหญ่ โดยก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อให้น้อยที่สุด ปัจจุบันมีหลายชนิด แบ่งตามกลไกหลักในการทำงาน ได้แก่

1. แบบยืดหยุ่น (elastic) โดยใช้วัสดุยืดหยุ่นในการรัดห้ามเลือด ได้แก่ สายยางรัดห้ามเลือดของไทย สายรัดก่อนเจาะเลือดที่พบเห็นได้ทั่วไปในโรงพยาบาล สายรัดห้ามเลือด One Hand Tourniquet (OHT) ของกองทัพบกสหรัฐในอดีต สายรัด H-dyne ของ Hemodyne, Inc สายรัด Tourni-Kwik หรือแถบยางรัดขนาดกว้าง 10.4 ซม. Stretch, Wrap, and Tuck Tourniquet (SWAT-T) ของ TEMS Solutions, LLC

2. กว้านขันชะเนาะ (windlass) โดยการใช้วัสดุที่มีลักษณะแท่งในการหมุนบิดเพื่อรัดห้ามเลือด และมีระบบป้องกันไม่ให้แท่งนี้คลายตัว ได้แก่ การใช้ไม้ขันชะเนาะ หรือใช้อุปกรณ์ Combat Application Tourniquet (CAT) ของ North American Rescue Products, Inc Military Equipment Tourniquet (MET) ของ ATSCC หรือ Special Operations Forces Tactical Tourniquet (SOFTT) ของ Tactical Medical Solutions, LLC เป็นระบบที่ถูกใช้มากที่สุดในกองทัพสหรัฐปัจจุบัน

**Figure 1** SOFTT (ภาพจากผู้ผลิต) US patent: 8,303,620, D649,642, 7,776,064

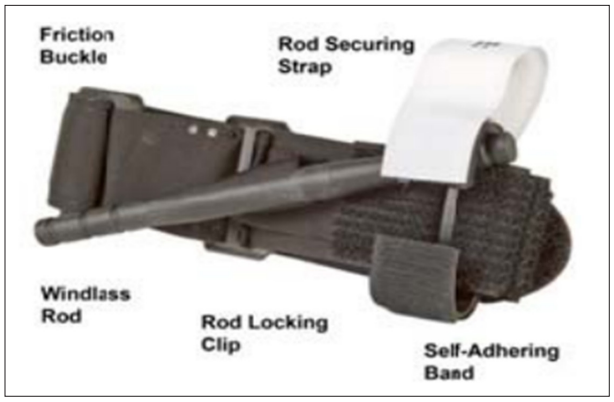


**Figure 2** CAT (ภาพจากผู้ผลิต) US patent: 7,842,067, 7,892,253

3. รอกพวง (block and tackle) เป็นระบบบิดฟันเฟือง เพื่อดึงยึดรอกพวงช่วยผ่อนแรงในการรัดห้ามเลือด ได้แก่ Mechanical Advantage Tourniquet (MAT) ของ Bio Cybernetics International

4. เฟืองทด (ratchet) คือระบบไขลานเฟืองทด เพื่อกันการคลายเกลียว ได้แก่ Last Resort Tourniquet (LRT) ของ Hammerhead, LLC Burke Ratcheting Medical Tourniquet (RMT) ของ Biomedical Innovations และ London Bridge Tourniquet (LBT) ของ London Bridge Trading Co, Ltd.

5. อัดลม (pneumatic) คล้ายหลักการของเครื่องวัดความดันโลหิต ได้แก่ Emergency & Military Tourniquet (EMT) ของ Delfi Medical Innovations, Inc.

6. คานงัด (cam) ใช้หลักการของตะขอเกี่ยว และการใช้คานงัด (ลักษณะคล้ายหูล็อคปิ่นโต) ได้แก่ Self-Applied Tourniquet System (SATS) ของ Tactical Medical Solutions, LLC

**Figure 3**. SWATT (ภาพจาก Conterra, Inc.) US patent: pending

**Figure 4** MAT (ภาพจากผู้ผลิต) US patent: 7,582,102

## คุณสมบัติและตัวชี้วัดของสายรัดห้ามเลือดที่ดี

### 1. สามารถห้ามเลือดได้

สายรัดห้ามเลือดที่ดีควรสร้างแรงดันสูงกว่าความดันโลหิต 50-150 มม.ปรอท[11] การศึกษาสายรัดห้ามเลือดในมนุษย์ นิยมวัดการไหลเวียนของเลือดที่อวัยวะส่วนปลายจากตำแหน่งที่รัด โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ Doppler signal โดยการฟังเสียงหรือดูสัญญาณภาพว่าไม่มีเลือดไหลเวียนที่หลอดเลือด radial และ brachial artery ถือเป็นการห้ามเลือดที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาในปี ค.ศ.2005[12] ในอาสาสมัครที่รัดห้ามเลือดที่ใช้สายรัดแบบยืดหยุ่นชนิด OHT เมื่อรัดสำเร็จไม่พบการไหลเวียนของเลือดด้วยวิธี Doppler แล้ว มีราวร้อยละ 20 ที่ยังพบการไหลเวียนของเลือดด้วยวิธี occlusive plethysmography บ่งบอกว่าสายรัดห้ามเลือดบางชนิดอาจหยุดเพียงการไหลเวียนเลือดตามชีพจร ทำให้ตรวจวัดด้วยวิธี Doppler ไม่พบการไหล แต่ยังอาจ

ปล่อยให้มีเลือดไหลซึมออกมาจากบาดแผล ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ด้วยวิธี occlusive plethysmography

**2. ใช้งานง่าย**

ตัวชี้วัดที่ดี ได้แก่ ควรใช้เวลาไม่เกิน 60 วินาทีในการรัดห้ามเลือด มีน้ำหนักเบา พกพาสะดวก มีความคงทนแข็งแรง รัดได้ด้วยมือข้างเดียว มีบริเวณให้ลงบันทึกเวลารัดบนสายรัด สามารถเรียนรู้ได้เร็ว โดยสามารถสอนในบุคลากรที่ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ การทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวในห้องทดลองนั้นอาจ ไม่สามารถจำลองสถานการณ์การใช้งานจริงได้ดีเพียงพอ ในบางการศึกษาจึงเลือกใช้เลือดเทียมราดสายรัดห้ามเลือด แล้วนำไปคลุกทรายก่อนนำมาให้อาสาสมัครที่ออกกำลังกายมาอย่างหนักใช้งาน เพื่อดูความสามารถในการรัดห้ามเลือดในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงความจริง นอกจากนี้ยังมีการผูกตาผู้ถูกทดสอบ เพื่อจำลองสถานการณ์กลางคืนอีกด้วย[13]

**3. สามารถรัดห้ามเลือดได้นาน**

มีการศึกษาพบว่า หากปล่อยสายรัดห้ามเลือดหลังจากที่รัดสำเร็จเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง อาจตรวจพบการไหลของเลือดกลับมาในภายหลังได้[14] ซึ่งน่าจะอธิบายได้ด้วยการหดเกร็งของกล้ามเนื้อใต้สายรัดในระยะแรกที่ใช้สายรัด แต่เมื่อเวลาผ่านไป กล้ามเนื้อจะเริ่มมีการผ่อนคลาย จึงอาจเป็นสาเหตุที่แรงดันของสายรัดลดลงจนไม่สามารถห้ามเลือดได้ อย่างไรก็ตามหากเกินเหตุการณ์เช่นนี้ ผู้ผลิตสายรัดส่วนใหญ่ได้แก้ปัญหาโดยแนะนำว่า หากรัดห้ามเลือดไม่สำเร็จ สามารถใช้สายรัดห้ามเลือดอีกชิ้น รัดเหนือสายรัดเดิมได้

**4. สร้างแรงดันไม่มากเกินไป**

การที่สายรัด สร้างแรงดันในอวัยวะที่รัดมากเกินไป ย่อมส่งผลให้อวัยวะอื่นๆ นอกจากหลอดเลือด มีการบาดเจ็บมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะเส้นประสาท โดยมีการศึกษาพบว่า ยิ่งสายรัดห้ามเลือดมีขนาดกว้างมากขึ้น ก็จะยิ่งใช้แรงดันในการห้ามเลือดลดลง เนื่องจากสามารถส่งผ่านแรงดันผ่านผิวหนังไปยังหลอดเลือดได้ดีขึ้น โดยสายรัดห้ามเลือดที่มีขนาดกว้างมาก จะมีประสิทธิภาพรัดห้ามเลือดได้ดีกว่าในสนามรบ[7] กองทัพสหรัฐระบุว่าสายรัดควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร แต่ผู้ผลิตสายรัดหลายราย ได้พัฒนาเพิ่มความกว้างของสายรัดให้มากกว่าข้อกำหนดนี้ เพื่อลดแรงดันในการห้ามเลือดให้น้อยที่สุด

**5.. สร้างความเจ็บปวดน้อย**

การศึกษาส่วนใหญ่ใช้วิธีเปรียบเทียบคะแนนความปวดของอาสาสมัคร โดยสายรัดที่ดี ควรมีการป้องกันการหนีบผิวหนังที่อยู่ใต้สายรัด เพื่อให้สามารถรัดห้ามเลือดเป็นระยะเวลานานได้

**6. ไม่ระคายเคือง**

สายรัดไม่ควรมีส่วนประกอบของยางพารา หรือโลหะที่พบการแพ้ได้บ่อย

**7. คุณสมบัติอื่น**

สายรัดที่ดี ควรราคาถูก ไม่ใช้ไฟฟ้า มีกลไกที่ไม่ซับซ้อน เพื่อลดปัญหาการซ่อมบำรุง

**การวิจัยเปรียบเทียบสายรัดห้ามเลือดแต่ละชนิด**

ในปี ค.ศ.2005 สถาบันวิจัยศัลยกรรม กองทัพบกสหรัฐ ได้จัดการทดลองเปรียบเทียบสายรัดห้ามเลือดชนิดต่างๆ[15] โดยตรง (head-to-head) แบบควบคุมตัวแปร โดยให้อาสาสมัครผู้ถูกทดลองจำนวน 18 ราย ทำการรัดสายรัดห้ามเลือดแต่ละชนิด ตามวิธีการที่ผู้ผลิตสอน โดยคัดเลือกสายรัดในท้องตลาด เฉพาะที่มีแนวโน้มว่าสามารถนำมาใช้ในสนามรบได้ ได้แก่ น้ำหนักเบากว่า 230 กรัม ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร สามารถรัดได้ภายใน 1 นาที ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า โดยวัดผลสำเร็จ คือไม่สามารถฟังเสียงจาก Doppler signal ที่ distal artery ได้ อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าการศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาความคงทน (durability) และไม่ได้กำหนดว่าต้องสามารถรัดได้ด้วยมือข้างเดียว

การศึกษานี้พบว่าสายรัดห้ามเลือดระบบขันชะเนาะ ได้แก่ CAT และ SOFTT และระบบอัดลม ได้แก่ EMT สามารถรัดห้ามเลือดได้สำเร็จร้อยละ 100 โดยไม่ปวด และไม่เลื่อนหลุดง่าย ส่วนสายรัดห้ามเลือดแบบยืดหยุ่น ซึ่งใช้สายรัดเชือก bungee H-Dyne รัดห้ามเลือดได้ผลไม่ดี ทำให้ปวดและเลื่อนหลุดง่าย

การศึกษานี้ทำให้หลายหน่วยงานในสหรัฐ ทั้งทหาร และพลเรือน นำ CAT และ SOFTT มาใช้งาน โดย CAT ได้รับการบรรจุประจำชุดปฐมพยาบาลประจำกาย (Individual First Aid Kit – IFAK) ของกองทัพบกสหรัฐ

ในปี ค.ศ.2007 หน่วยวิจัยประดาน้ำ กองทัพเรือสหรัฐ ได้จัดทดสอบสายรัดห้ามเลือด 13 ชนิด แบบควบคุมตัวแปร ในอาสาสมัคร 26 ราย[16] โดยจำลองสถานการณ์การใช้งานใกล้เคียงจริงมากขึ้น โดยให้ออกกำลังกายจนอัตราเต้นของหัวใจตามเป้าหมายก่อน และคลุกสายรัดในเลือดเทียมและทรายก่อนทดสอบ รัดทั้งในขณะปิดตาจำลองสถานการณ์กลางคืนและไม่ปิดตา และวัดทั้ง Doppler และ impedance spectrometry

การศึกษานี้พบว่าสายรัดห้ามเลือดทุกชนิดมีโอกาสล้มเหลวได้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่มีสายรัดชนิดใดสามารถรัดได้สำเร็จร้อยละ 100 ในอาสาสมัครทหารเรือ แต่กลับพบว่าสาย

รัด CAT และ SOFTT ใช้เวลานานในการรัดที่แขน มากกว่า และความพึงพอใจในการใช้งานน้อยกว่า สายรัดชนิด RMT MAT และ Tourni-Kwik ผลการศึกษาที่แตกต่างจากของกองทัพบกอย่างมากนี้ น่าจะมีสาเหตุจากการจำลองในอาสาสมัครจำนวนมากกว่า และจำลองสถานการณ์จริงมากกว่า อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยด้านความแข็งแรงคงทน น้ำหนัก การจัดเก็บ และราคาเช่นเดียวกับการศึกษาของกองทัพบก

ต่อมา ในปี ค.ศ. 2013 ได้มีการทดสอบสายรัดแบบยืดหยุ่นชนิด SWAT-T ซึ่งถูกผลิตมาในภายหลัง จึงไม่ได้ถูกทดสอบในครั้งแรก โดย Drake University การทดลองนี้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐ[12] พบว่า SWATT-T ซึ่งมีขนาดกว้างกว่า ใช้แรงดันน้อยกว่า สามารถรัดห้ามเลือดได้นานกว่า CAT

สำหรับการทดสอบสายวัดชนิดเดียวกัน ในแต่ละรุ่นนั้น พบว่าสายรุ่นใหม่ดีกว่าสายรุ่นเก่า เช่น สาย CAT รุ่นล่าสุด (รุ่นที่ 7) มีการศึกษาพบว่าใช้งานง่ายกว่ารุ่นก่อนๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่ลดประสิทธิภาพลง[17]

## สรุป

สายรัดห้ามเลือดมีความจำเป็นในการป้องกันการเสียชีวิตในสนามรบ ปัจจุบันมีสายรัดห้ามเลือดหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการรัดห้ามเลือดได้ดี แต่ในการพิจารณาที่จะนำสายรัดห้ามเลือดชนิดใดมาใช้งานนั้น มีความจำเป็นต้องพิจารณาเพิ่มเติมในแง่อื่นด้วย โดยการทดสอบสายรัดห้ามเลือดเพื่อนำมาใช้ในกองทัพไทย นอกจากการทดสอบความสามารถในการห้ามเลือดแล้ว ยังควรทดสอบความแข็งแรงทนทานของวัสดุ และควรจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงเหตุการณ์จริงให้มากที่สุด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

## เอกสารอ้างอิง


1. *Mabry RL, Holcomb JB, Baker AM, Cloonan CC, Uhorchak JM, Perkins DE, et al. United States Army Rangers in Somalia: an analysis of combat casualties on an urban battlefield. J Trauma. 2000;49:515-28; discussion 28-9.*
2. *Holcomb J, Caruso J, McMullin N, Wade CE, Pearse L, Oetjen-Gerdes L, et al. Causes of death in US Special Operations Forces in the global war on terrorism: 2001-2004. US Army Med Dep J. 2007:24-37.*
3. *Kelly JF, Ritenour AE, McLaughlin DF, Bagg KA, Apodaca AN, Mallak CT, et al. Injury severity and causes of death from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: 2003-2004 versus 2006. J Trauma. 2008;64(2 Suppl):S21-6; discussion S6-7.*
4. *Mawhinney AC, Kirk SJ. A systematic review of the use of tourniquets and topical haemostatic agents in conflicts in Afghanistan and Iraq. J R Nav Med Serv. 2015;101:147-54.*
5. *Butler FK, Jr., Blackbourne LH. Battlefield trauma care then and now: a decade of Tactical Combat Casualty Care. J Trauma Acute Care Surg. 2012;73(6 Suppl 5):S395-402.*
6. *Butler FK. Two Decades of Saving Lives on the Battlefield: Tactical Combat Casualty Care Turns 20. Mil Med. 2017;182:e1563-e8.*
7. *Kragh JF, Jr., Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, et al. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. J Trauma. 2008;64(2 Suppl):S38-49; discussion S-50.*
8. *Kragh JF, Jr., Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, et al. Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. Ann Surg. 2009;249:1-7.*
9. *Kauvar DS, Miller D, Walters TJ. Tourniquet use is not associated with limb loss following military lower extremity arterial trauma. J Trauma Acute Care Surg. 2018;85:495-9.*
10. *Kotwal RS, Butler FK, Gross KR, Kheirabadi BS, Baer DG, Dubick MA, et al. Management of Junctional Hemorrhage in Tactical Combat Casualty Care: TCCC Guidelines? Proposed Change 13-03. J Spec Oper Med. 2013;13:85-93.*
11. *Fletcher IR, Healy TE. The arterial tourniquet. Ann R Coll Surg Engl. 1983;65:409-17.*
12. *Wenke JC, Walters TJ, Greydanus DJ, Pusateri AE, Convertino VA. Physiological evaluation of the U.S. Army one-handed tourniquet. Mil Med. 2005;170:776-81.*
13. *Ruterbusch VL SM, Montgomery LD, Hopper KW, Gerth WA, ONR/MARCORSYSCOM. Evaluation of Self-Applied Tourniquets for Combat Applications. NEDU TR 05-15, Navy Experimental Diving Unit. 2005.*
14. *Wall PL, Duevel DC, Hassan MB, Welander JD, Sahr SM, Buising CM. Tourniquets and occlusion: the pressure of design. Mil Med. 2013;178:578-87.*
15. *Walters TJ, Wenke JC, Kauvar DS, McManus JG, Holcomb JB, Baer DG. Effectiveness of self-applied tourniquets in human volunteers. Prehosp Emerg Care. 2005;9:416-22.*
16. *Hill JP ML, Hopper KW, Roy LA. Evaluation of Self-Applied Tourniquets for Combat Applications, Second Phase. NEDU TR 07-07, Navy Experimental Diving Unit. 2007.*
17. *Kragh JF, Jr., Moore VK, 3rd, Aden JK, 3rd, Parsons DL, Dubick MA. Short Report Comparing Generation 6 Versus Prototype Generation 7 Combat Application Tourniquet(R) in a Manikin Hemorrhage Model. J Spec Oper Med. 2016;16:14-7.*