

## ER Thoracotomy

คมกฤษณ์ โกมูทรินทร์, พ.บ.\*

### Content

- Introduction
- Historical background
- Definition
- Outcome of ER thoracotomy
- Predictor of outcome
- Physiologic rationale
- Indication and contraindication
- Technique
- Complication
- Pre-hospital care and thoracotomy
- ER Thoracotomy in children
- Risks to medical staff
- Cost benefit analysis
- Post operative care and future management
- Conclusion
- Reference

### Introduction

Bilroth ศัลยแพทย์ผู้ยิ่งใหญ่ได้กล่าวไว้ในปี 1882 ว่า “The surgeon who should attempt to suture a wound of the heart would lose the respect of his surgical colleagues”<sup>(2)</sup> จะเห็นได้ว่าในอดีตการที่แพทย์ไปยุ่งเกี่ยวกับหัวใจถือว่าเป็นบาปและผิดศีลธรรมอย่างรุนแรง แต่ความคิดเช่นนี้ก็ได้ออกคล้อยไปในเวลาต่อมา จนกระทั่งประมาณปี ค.ศ. 1900 การทำ ER thoracotomy จึงได้รับการแนะนำให้ทำกันอย่างกว้างขวาง แปลตศวรรษต่อมา Beall ได้ทำหาคำพูดของ Bilroth ด้วยประโยคที่เขียนไว้ในปี 1966 ว่า “If cardiac arrest should occur, thoracotomy is performed regardless of the location of the patient, whether in the emergency room, recovery ward, operating room, or on the ward”<sup>(4)</sup>

อุบัติเหตุยังคงเป็นสาเหตุการตายอันดับหนึ่งในทุกกลุ่มอายุ 25 - 50% เป็นการบาดเจ็บที่ทรวงอก<sup>(1,14)</sup>

---

\* กลุ่มงานศัลยกรรม โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา จ.นครราชสีมา 30000

การพัฒนากระบวนการนำส่งผู้ป่วยที่รวดเร็วมีประสิทธิภาพ และการดูแลผู้ป่วยหนักในที่เกิดเหตุและระหว่างนำส่ง โรงพยาบาลรวมถึงมีการสอนหลักสูตร ACLS และ ATLS ให้กับบุคลากรทางการแพทย์ ทำให้ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรงสามารถมีชีวิตรอดจนถึงห้องฉุกเฉินได้เพิ่มมากขึ้น แม้ว่าส่วนใหญ่ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บที่ทรวงอกจะไม่จำเป็นต้องได้รับการผ่าตัด การใส่สายระบายช่องอกอย่างเฉียบพลันเพียงพอสำหรับผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรงมีอาการสาหัสประมาณ 10-15% จำเป็นต้องได้รับการทำ ER thoracotomy<sup>(1)</sup> มันเป็นเครื่องมือที่สำคัญของแพทย์ที่จะช่วยผู้ป่วยที่กำลังอยู่ระหว่างความเป็นและความตาย หัตถการนี้เริ่มใช้มาร่วมศตวรรษแต่ก็ยังคงมีความสับสนในเรื่องข้อบ่งชี้ในการทำ ซึ่งยังมีความแตกต่างกันไปตามนโยบายศักยภาพและการตัดสินใจของแพทย์ในแต่ละโรงพยาบาล เนื่องจากเป็นหัตถการที่ Invasive และน่ากลัว ต้องใช้ความชำนาญและความรวดเร็วในการทำ อีกทั้งยังมีอัตราการรอดชีวิตที่ค่อนข้างต่ำ แพทย์หลายท่านจึงมีความลำบากใจที่จะตัดสินใจทำหัตถการนี้ การขาดความเป็นเอกภาพในเรื่องของข้อบ่งชี้ในการทำหัตถการนี้ รวมถึงนิยามต่าง ๆ ซึ่งยังมีความแตกต่างกัน ทำให้รายงานอัตราการรอดชีวิตจึงมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่โดยเฉลี่ยแล้วยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ทำให้เกิดคำถามขึ้นมากมายถึงความคุ้มค่าที่จะทำหัตถการนี้ ควรจะทำเมื่อไรหรือเมื่อไรที่จะไม่ทำ ทำอย่างไร ควรเริ่มทำที่ไหน ใครควรเป็นผู้ทำหัตถการนี้ สามารถทำในเด็กได้หรือไม่ ภาวะแทรกซ้อนที่จะเกิดขึ้นตามมาผลกระทบต่อคนไข้ในระยะยาว รวมถึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์ทั้งในระหว่างนำส่งผู้ป่วยและระหว่างที่ทำหัตถการนี้ร่วมด้วย บทความชิ้นนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการในลักษณะ Collect review เพื่อพยายามตอบคำถามดังกล่าวข้างต้น และนำเสนอแนะแนวทางการรักษาแบบใหม่เพิ่มเติมเพื่อให้ผู้อ่านนำไปประยุกต์ใช้ และต่อยอดทางความคิดต่อไป

### Historical background<sup>(1,11,13,25)</sup>

การทำ ER thoracotomy และการผ่าตัดหัวใจ มีประวัติศาสตร์มาอย่างยาวนาน โดยเริ่มมีการบันทึกไว้ตั้งแต่ 950 ปีก่อนคริสต์ศักราช Homer ได้บรรยายถึงบาดแผลที่ทรวงอกไว้ในมหากาพย์ Iliad รวมถึง Claudius Galen แพทย์ชาวกรีกได้บันทึกไว้ว่า “Left ventricular injuries were the most rapidly fatal at all cardiac injuries” ในปี ค.ศ. 1761 John Hunter ศัลยแพทย์ประจำกองทัพได้รักษาคนไข้ hemothorax ด้วยการระบายเลือดออก ในปี ค.ศ. 1829 Baron Dominique Jean Larrey ศัลยแพทย์ประจำกองทัพของนโปเลียน ได้เสนอวิธีการทำ Triage และให้ความสำคัญกับ thoracic injury ในปี ค.ศ. 1874 Schiff นักสรีรวิทยาชาวเยอรมัน ได้เสนอแนวความคิดการทำ open cardiac massage และทำการทดลองในสุนัข ต่อมาในปี ค.ศ. 1882 Block จึงเริ่มทำ Thoracotomy เพื่อเย็บซ่อมหัวใจของสุนัขผ่านมากกว่า 1 ทศวรรษ ในปี ค.ศ. 1897 Ludwig Rehn จึงได้ repair stab wound ที่ right ventricle ในผู้ป่วยชายวัย 22 ปี เป็นผลสำเร็จ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1902 Hill จึงได้เริ่มทำ emergency thoracotomy เป็นครั้งแรกเพื่อช่วยชีวิตเด็กอายุ 13 ปี ถูกแทงเข้าที่ left ventricle Hill ได้ใช้ catgut ในการซ่อมหัวใจ เหตุการณ์ครั้งนั้นเกิดขึ้นในครัวแห่งหนึ่งของเมือง Montgomery, Alabama

หลังจากเหตุการณ์ในครั้งนั้น ได้มีการทำ emergency thoracotomy กันอย่างกว้างขวางรวมถึงการทำ open cardiac massage ใน cardiac arrest จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1956 Zoll ได้ทำ external defibrillation และ Kouwenhoven ได้เสนอให้ทำ close chest compression ในปี ค.ศ. 1960 ทำให้ลดการทำ open cardiac massage และกลายเป็นมาตรฐานในการช่วยชีวิตผู้ป่วย nontraumatic cardiac arrest ในที่สุดความสำเร็จในการทำ close chest compression ของ Kouwenhoven ทำให้ความนิยมในการทำ emergency thoracotomy เริ่มลดลงแต่สุดท้ายแนวทางการรักษาด้วยวิธี open cardiac massage ก็กลับมาได้รับการสนับสนุนให้ทำมากขึ้น

จากการปลูกเฝ้าของ Beall ในปี ค.ศ. 1966 โดยเสนอให้ทำ emergency thoracotomy ทุกรายในผู้ป่วย penetrating cardiac injury

อีก 3 ปีต่อมาในปี ค.ศ. 1970 Mattox ได้เสนอให้ทำ emergency thoracotomy ในผู้ป่วยอุบัติเหตุที่อยู่ในระยะวิกฤตเป็นการสนับสนุนแนวคิดของ Beall และทำให้ emergency thoracotomy กลับมานิยมทำกันอีกครั้งในช่วงต้นปี ค.ศ. 1970 ถัดมาในปี ค.ศ. 1976 Ledgerwood ได้เสนอแนวทาง prelaparotomy thoracotomy with aortic occlusion for abdominal exanguination

ในปัจจุบัน emergency thoracotomy ได้รับการพัฒนาทั้งในเรื่อง technique, indication และ contraindication ได้สรุปเป็น protocol ในการรักษาคนไข้ถือได้ว่าเป็นหัตถการหลักในการช่วยชีวิตผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บสาหัสที่มีอาการจวนตาย

### Definition

ยังมีความแตกต่างกันในการให้คำจำกัดความของ ER thoracotomy และ signs of life ทำให้มีความลำบากอย่างมากในการเทียบเคียงข้อมูลในแต่ละการศึกษา เพราะขาดความเป็นเอกภาพทั้งข้อบ่งชี้และคำจำกัดความนี้เอง โดยส่วนใหญ่การกำหนดคำจำกัดความของหัตถการนี้ขึ้นอยู่กับสถานะของคนไข้ สถานการณ์ และสถานที่ในการทำหัตถการนี้ เช่น operative room thoracotomy, emergency department thoracotomy, emergency thoracotomy, ICU thoracotomy, resuscitative thoracotomy และ emergency thoracotomy (ER thoracotomy)

ในบทความนี้เลือกใช้คำว่า ER thoracotomy ซึ่งหมายถึงการผ่าตัดเข้าช่องอก (thoracotomy) ที่ห้องฉุกเฉิน (ER) เมื่อผู้ป่วยมาถึงในเวลาไม่นานในสภาพที่จวนตายเพื่อทำหัตถการต่างๆ ในอันที่จะช่วยให้ผู้ป่วยรอดชีวิตพอที่จะไปถึงห้องผ่าตัดเพื่อทำการซ่อมแซมแก้ไขอาการบาดเจ็บต่างๆ แบบสมบูรณ์ต่อไป ซึ่งจะเน

แล้วว่าหากไม่ลงมือทำหัตถการนี้ผู้ป่วยจะต้องเสียชีวิตก่อนถึงห้องผ่าตัดแน่นอน โดยไม่รวมการทำหัตถการนี้ในห้องผ่าตัดหรือ ICU

Signs of life เป็น predictor outcome ที่สำคัญในการพิจารณาทำ ER thoracotomy ซึ่งประกอบด้วย pupillary response to light, respiratory effort, cardiac activity on the ECG, spontaneous movement, palpable pulse, gag reflex, corneal reflex<sup>(8,9,14)</sup>

### Outcome following ER thoracotomy

การทำ ER thoracotomy ในแต่ละที่มีความแตกต่างกันไม่เป็นไปตาม ATLS guideline<sup>(9)</sup> ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ศักยภาพและความพร้อมของบุคลากร นโยบายของโรงพยาบาล สภาพของผู้ป่วย รวมถึงการตัดสินใจของแพทย์ ณ เวลานั้น เป็นต้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกันในแต่ละการศึกษา พบว่า overall survival จากการทำ ER thoracotomy อยู่ระหว่าง 1.81-33%<sup>(2,7,19,24)</sup>, penetrating injury 18-33%<sup>(2)</sup>, blunt injury 0-6%<sup>(9)</sup> จะเห็นได้ว่า outcome ของ penetrating injury ดีกว่า blunt injury มาก พบว่า stab wound มี outcome ที่ดีกว่า gun shot wound (GSW) ส่วนใน blunt injury ที่ไม่มี signs of life พบว่าอัตราการรอดชีวิตน้อยกว่า 1%<sup>(11)</sup> จากการรวบรวมข้อมูลของ Rhee และคณะ พบว่า overall survival 7.4%, penetrating injury 11.16%, blunt injury 1.6%, stab wound 16.8%, gun shot wound 4.3%, penetrating cardiac injury 31.1%, cardiac injury 19.4%, non-cardiac thoracic injury 10.57%, thoracic injury 10.7%, abdominal injury 4.5% และ multiple injuries 0.7%<sup>(19)</sup>

ผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่จำเป็นต้องได้รับการทำ ER thoracotomy มีภาวะ cardiac arrest ก่อนมาถึงโรงพยาบาลส่วนใหญ่ได้รับการทำ pre-hospital CPR ระหว่างนำส่งทำให้แพทย์หลายท่านมีความกังวลเรื่อง neurologic outcome แต่จากการศึกษาพบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่มี normal neurologic outcome ถึง 80-100% ขึ้น

กับว่าผู้ป่วยมี head injury ร่วมด้วยหรือไม่<sup>(3)</sup> แม้ว่าผู้ป่วยจะได้รับการทำ pre-hospital CPR แต่พบว่า 71% มี normal neurologic function Rhee และคณะ พบว่า มี normal neurologic outcome 92.8%<sup>(19)</sup> ส่วนผู้ป่วย blunt injury มี neurologic outcome ที่ไม่ดี<sup>(22,23)</sup> Keller และคณะ ได้ทำการศึกษา long term outcomes of ER thoracotomy survivors ในเรื่องของ social, cognitive function, psychological outcome รวมถึงการจ้างงาน พบว่า 75% มี normal cognitive function และสามารถกลับไปใช้ชีวิตได้ตามปกติ, 81% freely mobile and functional, 75% no evidence of post traumatic stress disorder ผู้ป่วยในการศึกษานี้เป็น penetrating injury ที่ไม่มี head injury และส่วนใหญ่เป็นคนอายุน้อย ซึ่งตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Seamon และคณะที่พบว่า 74% ของผู้รอดชีวิตจากการทำ ER thoracotomy มี social, cognitive function and psychological impairment<sup>(13)</sup>

### Predictor of outcome

เมื่อพิจารณาถึง outcome ของการทำ ER thoracotomy พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ มีประโยชน์ใน penetrating มากกว่า blunt injury จึงควรมีการกำหนด predictor factor เพื่อเพิ่มอัตราการรอดชีวิตให้มากขึ้น ลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับบุคลากรทางการแพทย์ รวมถึงลดค่าใช้จ่ายในการรักษาที่สูงสูญเสียไปกับการทำหัตถการที่ไม่คุ้มค่า<sup>(24)</sup> มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อ outcome signs of life (SOL) ใน field และที่ห้องฉุกเฉินพบว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการพิจารณาทำ ER thoracotomy<sup>(9)</sup> Rhee และคณะ ได้รายงาน survival หลังทำ ER thoracotomy สัมพันธ์กับ SOL พบว่า มี SOL at arrival มีอัตราการรอด 11.5%, ไม่มี SOL at arrival มีอัตราการรอด 2.6% มี SOL ขณะนำส่งมีอัตราการรอด 8.9%, ไม่มี SOL ที่ field อัตราการรอด 1.2%<sup>(19)</sup> ซึ่งตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Lorenz และคณะ พบว่า

ตารางที่ 1 Survival Rates after Emergency Department Thoracotomy from Institutions Reporting Both Penetrating and Blunt Trauma

| First author            | Location       | Journal             | Year | Years in review | Total survivors* | EDTs performed | Survival rate (%) |
|-------------------------|----------------|---------------------|------|-----------------|------------------|----------------|-------------------|
| Brannney <sup>45</sup>  | Denver         | J Trauma            | 1998 | 23              | 41               | 950            | 4.3               |
| Bloetman <sup>50</sup>  | UK             | Injury              | 1996 | 2.5             | 1                | 18             | 5.6               |
| Brown <sup>51</sup>     | Indiana        | Am Surg             | 1996 | 7.5             | 4                | 160            | 2.5               |
| Velmahos <sup>52</sup>  | Johannesburg   | Arch Surg           | 1995 | 12.5            | 43               | 846            | 5.1               |
| Mazzorana <sup>60</sup> | Oakland        | Am Surg             | 1994 | 6               | 10               | 273            | 3.7               |
| Durham <sup>53</sup>    | Houston        | J Trauma            | 1992 | 6               | 32               | 387            | 8.3               |
| Lorenz <sup>54</sup>    | San Francisco  | J Trauma            | 1992 | 10.5            | 40               | 424            | 9.4               |
| Boyd <sup>41</sup>      | Youngstown     | J Trauma            | 1992 | 4               | 2                | 28             | 7.1               |
| Esposito <sup>48</sup>  | Seattle        | J Trauma            | 1991 | 4               | 2                | 112            | 1.8               |
| Ivatury <sup>55</sup>   | Bronx          | J Trauma            | 1991 | 6               | 17               | 163            | 10.4              |
| Lewis <sup>56</sup>     | Cape Town      | Injury              | 1991 | 2               | 8                | 45             | 17.8              |
| Ordog <sup>57</sup>     | Los Angeles    | J Emerg Med         | 1987 | 6               | 5                | 80             | 6.3               |
| Feliciano <sup>58</sup> | Houston        | Am J Surg           | 1986 | 7               | 25               | 333            | 7.5               |
| Schwab <sup>59</sup>    | Norfolk        | Am Surg             | 1986 | 2               | 14               | 51             | 27.5              |
| Brautigan <sup>60</sup> | Detroit        | Am J Emerg Med      | 1985 | 2               | 4                | 32             | 12.5              |
| Danne <sup>43</sup>     | Washington, DC | J Trauma            | 1984 | 2               | 10               | 89             | 11.2              |
| Vij <sup>44</sup>       | Detroit        | Surgery             | 1983 | 2               | 5                | 63             | 7.9               |
| Shimazu <sup>61</sup>   | Baltimore      | J Trauma            | 1983 | 5               | 5                | 153            | 3.3               |
| Flynn <sup>42</sup>     | Houston        | Ann Emerg Med       | 1982 | 1               | 4                | 33             | 12.1              |
| Harnar <sup>62</sup>    | Seattle        | Am J Surg           | 1981 | 2               | 5                | 64             | 7.8               |
| Baker <sup>47</sup>     | San Francisco  | J Trauma            | 1980 | 7               | 33               | 168            | 19.6              |
| Oparah <sup>63</sup>    | Los Angeles    | J Thorac Cardiovasc | 1979 | 5               | 2                | 14             | 14.3              |
| MacDonald <sup>44</sup> | Long Beach     | JACEP               | 1978 | 4.5             | 2                | 28             | 7.1               |
| Mattox <sup>65</sup>    | Houston        | JACEP               | 1974 | 3               | 27               | 106            | 25.5              |
| Total                   |                |                     |      |                 | 341              | 4,620          | 7.4               |

\*Total survivors were those that were alive at discharge from the hospital. EDT, emergency department thoracotomy.

ตารางที่ 2 Survival Rates of Emergency Department Thoracotomy Based on Mechanism of Injury

| First author             | Location       | Journal             | Year | Stab wound |               |                   | Gunshot wound |               |                   | Penetrating |               |                   | Blunt     |               |                   |
|--------------------------|----------------|---------------------|------|------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|-------------------|
|                          |                |                     |      | Survivors  | EDT performed | Survival rate (%) | Survivors     | EDT performed | Survival rate (%) | Survivors   | EDT performed | Survival rate (%) | Survivors | EDT performed | Survival rate (%) |
| Brannney <sup>45</sup>   | Denver         | J Trauma            | 1998 | 21         | 147           | 14.3              | 12            | 330           | 3.6               | 33          | 483           | 6.8               | 8         | 385           | 2.1               |
| Brown <sup>46</sup>      | Indiana        | Am Surg             | 1996 | 4          | 38            | 10.5              | 0             | 111           | 0.0               | 4           | 149           | 2.7               | 0         | 11            | 0.0               |
| Velmahos <sup>47</sup>   | Johannesburg   | Arch Surg           | 1995 | 26         | 312           | 8.3               | 16            | 358           | 4.5               | 42          | 670           | 6.3               | 1         | 176           | 0.6               |
| Mazorana <sup>48</sup>   | Oakland        | Am Surg             | 1994 | 6          | 52            | 11.5              | 4             | 200           | 2.0               | 10          | 252           | 4.0               | 0         | 21            | 0.0               |
| Millham <sup>49</sup>    | Boston         | J Trauma            | 1993 |            |               |                   |               |               |                   | 13          | 290           | 4.5               |           |               |                   |
| Durham <sup>50</sup>     | Houston        | J Trauma            | 1992 | 17         | 112           | 15.2              | 15            | 206           | 7.3               | 32          | 318           | 10.1              | 0         | 69            | 0.0               |
| Boyd <sup>51</sup>       | Youngstown     | J Trauma            | 1992 | 1          | 2             | 50.0              | 1             | 9             | 11.1              | 2           | 11            | 18.2              | 0         | 17            | 0.0               |
| Esposito <sup>52</sup>   | Seattle        | J Trauma            | 1991 |            |               |                   |               |               |                   | 1           | 24            | 4.2               | 1         | 88            | 1.1               |
| Ivatury <sup>53</sup>    | Bronx          | J Trauma            | 1991 | 12         | 49            | 24.5              | 4             | 85            | 4.7               | 16          | 134           | 11.9              | 0         | 29            | 0.0               |
| Lewis <sup>54</sup>      | Cape Town      | Injury              | 1991 |            |               |                   |               |               |                   | 8           | 32            | 25.0              | 0         | 13            |                   |
| Ivatury <sup>55</sup>    | Bronx          | J Trauma            | 1987 | 8          | 49            | 16.3              | 2             | 51            | 3.9               | 10          | 100           | 10.0              |           |               |                   |
| Ordog <sup>56</sup>      | Los Angeles    | J Emerg Med         | 1987 | 2          | 8             | 25.0              | 2             | 56            | 3.6               | 4           | 64            | 6.3               | 2         | 16            | 12.5              |
| Feliciano <sup>57</sup>  | Houston        | Am J Surg           | 1986 | 18         | 91            | 19.8              | 7             | 186           | 3.8               | 25          | 277           | 9.0               | 2         | 53            | 3.8               |
| Schwab <sup>58</sup>     | Norfolk        | Am Surg             | 1986 | 13         | 18            | 72.2              | 1             | 18            | 5.6               | 14          | 36            | 38.9              | 0         | 14            | 0.0               |
| Washington <sup>59</sup> | Detroit        | Ann Thorac Surg     | 1985 |            |               |                   |               |               |                   | 8           | 55            | 14.5              |           |               |                   |
| Dunne <sup>60</sup>      | Washington, DC | J Trauma            | 1984 | 9          | 27            | 33.3              | 1             | 33            | 3.0               | 10          | 60            | 16.7              | 0         | 29            | 0.0               |
| Vij <sup>61</sup>        | Detroit        | Surgery             | 1983 |            |               |                   |               |               |                   | 5           | 57            | 8.8               | 0         | 6             | 0.0               |
| Bodai <sup>62</sup>      | Davis          | J Trauma            | 1982 |            |               |                   |               |               |                   |             |               |                   | 0         | 38            | 0.0               |
| Flynn <sup>63</sup>      | Houston        | Ann Emer Med        | 1982 |            |               |                   |               |               |                   | 4           | 13            | 30.8              | 0         | 20            | 0.0               |
| Baker <sup>64</sup>      | San Francisco  | J Trauma            | 1980 | 24         | 60            | 40.0              | 8             | 48            | 16.7              | 32          | 108           | 29.6              | 1         | 60            | 1.7               |
| Oparah <sup>65</sup>     | Los Angeles    | J Thorac Cardiovasc | 1979 | 2          | 6             | 33.3              | 0             | 8             | 0.0               | 2           | 14            | 14.3              |           |               |                   |
| MacDonald <sup>66</sup>  | Long Beach     | JACEP               | 1978 | 2          | 13            | 15.4              | 1             | 13            | 7.7               | 3           | 26            | 11.5              | 0         | 2             | 0                 |
| Total                    |                |                     |      | 165        | 984           | 16.8              | 74            | 1,712         | 4.3               | 273         | 3,173         | 8.8               | 15        | 1,017         | 1.4               |

<sup>a</sup>Penetrating injury not separated.  
<sup>b</sup>Blunt trauma data not available.  
<sup>c</sup>Blunt trauma data available only.  
EDT, emergency department thoracotomy.

ถ้าไม่มี SOL อัตราการรอดเป็นศูนย์ไม่ว่าจะเกิดจาก mechanism แบบไหนหรือให้การรักษาเต็มที่เพียงใด<sup>(3)</sup>

Lorenz และคณะยังได้รายงานว่า mild shock มีอัตราการรอดที่สูงกว่า profound shock และ profound shock ดีกว่า agonal

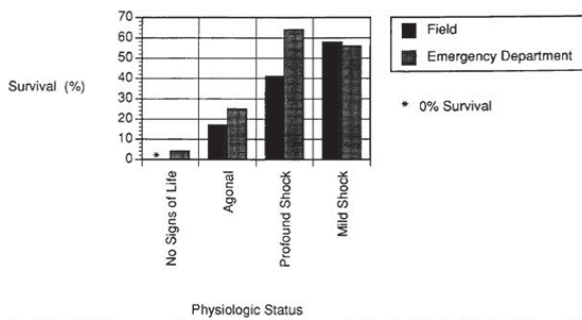
ระยะเวลาการทำ CPR ก่อนมาถึง ER และ arrest time ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิต หลังทำ ER thoracotomy ถ้า arrest ในที่เกิดเหตุอัตรา

การรอดเป็นศูนย์, arrest ระหว่างนำส่งอัตราการรอด 4%, arrest ที่ ER อัตราการรอด 19%<sup>(2)</sup> ระยะเวลาการทำ CPR ที่มากกว่า 10 นาที ใน blunt injury และมากกว่า 15 นาที ใน penetrating injury พบว่าอัตราการรอดชีวิตเป็นศูนย์เช่นกัน<sup>(5,8,11,22)</sup> นอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้น mechanism of injury, location, physiologic status, GCS, severity score<sup>(2,5,19,24)</sup> ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรอดของผู้ป่วยการใส่ท่อช่วยหายใจ

ตารางที่ 3 Survival Rates of Emergency Department Thoracotomy Based on Location of Major Injury

| First author                | Location       | Journal             | Year | Cardiac injury |               |                   | Thoracic injury |               |                   | Abdominal injury |               |                   | Multiple injury |               |                   |
|-----------------------------|----------------|---------------------|------|----------------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|
|                             |                |                     |      | Survivors      | EDT performed | Survival rate (%) | Survivors       | EDT performed | Survival rate (%) | Survivors        | EDT performed | Survival rate (%) | Survivors       | EDT performed | Survival rate (%) |
| Brannney <sup>45</sup>      | Denver         | J Trauma            | 1998 | 8              | 156           | 5.1               | 27              | 457           | 5.9               | 9                | 124           | 7.3               |                 |               |                   |
| Rhee <sup>70</sup>          | Seattle        | J Trauma            | 1998 | 15             | 58            | 25.9              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Asensio <sup>71</sup>       | Los Angeles    | J Trauma            | 1998 | 10             | 71            | 14.1              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Velmahos <sup>47</sup>      | Johannesburg   | Arch Surg           | 1995 | 13             | 108           | 12.0              | 32              | 160           | 20.0              | 8                | 118           | 6.8               | 1               | 501           | 0.2               |
| Millham <sup>49</sup>       | Boston         | J Trauma            | 1993 |                |               |                   | 13              | 290           | 4.5               |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Mitchell <sup>72</sup>      | Mississippi    | J Trauma            | 1993 | 7              | 47            | 14.9              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Durham <sup>50</sup>        | Houston        | J Trauma            | 1992 | 18             | 135           | 13.3              | 27              | 230           | 11.7              | 5                | 124           | 4.0               |                 |               |                   |
| Esposito <sup>52</sup>      | Seattle        | J Trauma            | 1991 |                |               |                   | 1               | 20            | 5.0               |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Ivatury <sup>53</sup>       | Bronx          | J Trauma            | 1991 | 12             | 56            | 21.4              | 13              | 65            | 20.0              | 0                | 19            | 0.0               | 2               | 42            | 4.8               |
| Jebara <sup>73</sup>        | Beirut         | Ann Thorac Surg     | 1989 | 4              | 17            | 23.5              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Ivatury <sup>55</sup>       | Bronx          | J Trauma            | 1987 |                |               |                   | 10              | 100           | 10.0              |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Ivatury <sup>55</sup>       | Bronx          | Am Surg             | 1987 | 28             | 118           | 23.7              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Feliciano <sup>57</sup>     | Houston        | Am J Surg           | 1986 |                |               |                   |                 |               |                   | 5                | 185           | 2.7               |                 |               |                   |
| Schwab <sup>58</sup>        | Norfolk        | Am Surg             | 1986 | 13             | 18            | 72.2              | 13              | 20            | 65.0              | 1                | 31            | 3.2               |                 |               |                   |
| Washington <sup>59</sup>    | Detroit        | Ann Thorac Surg     | 1985 | 5              | 14            | 35.7              | 2               | 20            | 10.0              | 0                | 16            | 0.0               | 0               | 4             | 0.0               |
| Dunne <sup>60</sup>         | Washington, DC | J Trauma            | 1984 |                |               |                   | 9               | 54            | 16.6              | 1                | 6             | 16.7              |                 |               |                   |
| Dextertriales <sup>74</sup> | Johannesburg   | Br J Surg           | 1984 | 1              | 11            | 9.1               |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Treverem <sup>75</sup>      | Baltimore      | Ann Thorac Surg     | 1984 | 21             | 37            | 56.8              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Vij <sup>61</sup>           | Detroit        | Surgery             | 1983 | 2              | 9             | 22.2              | 4               | 44            | 11.4              | 0                | 2             | 0.0               | 1               | 35            | 2.9               |
| Rohman <sup>76</sup>        | New York       | J Trauma            | 1983 | 24             | 91            | 26.4              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Baker <sup>64</sup>         | San Francisco  | J Trauma            | 1980 | 18             | 63            | 28.6              |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Mandal <sup>77</sup>        | Los Angeles    | Br J Surg           | 1979 | 1              | 18            | 5.6               |                 |               |                   |                  |               |                   |                 |               |                   |
| Flynn <sup>63</sup>         | Houston        | Ann Emerg Med       | 1982 |                |               |                   | 4               | 7             | 57.1              | 0                | 6             | 0.0               |                 |               |                   |
| Oparah <sup>65</sup>        | Los Angeles    | J Thorac Cardiovasc | 1979 | 2              | 13            | 15.4              | 0               | 1             | 0.0               |                  |               |                   |                 |               |                   |
| MacDonald <sup>66</sup>     | Long Beach     | JACEP               | 1978 | 3              | 18            | 16.7              | 3               | 25            | 12.0              | 0                | 9             | 0.0               | 0               | 8             | 0.0               |
| Total                       |                |                     |      | 205            | 1,058         | 19.4              | 158             | 1,493         | 10.7              | 29               | 640           | 4.5               | 4               | 590           | 0.7               |

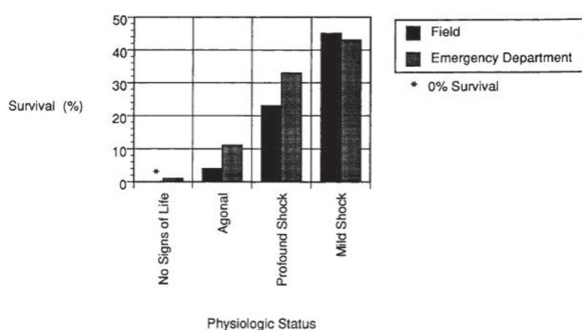
EDT, emergency department thoracotomy.



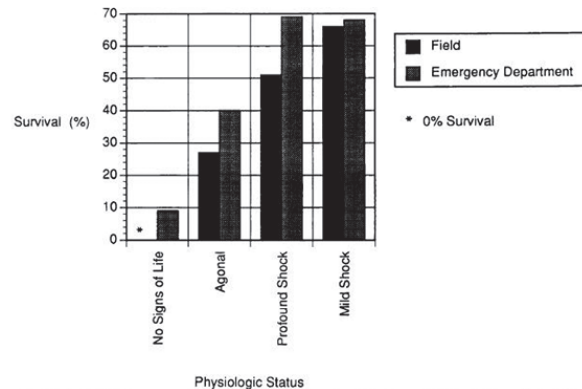
**รูปที่ 1** Survival following emergency thoracotomy in all penetrating trauma patients by physiologic status both when initially seen in the field and in the ED.

ในขณะที่ทำ pre-hospital CPR ก็ช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตด้วย<sup>(8)</sup>

เนื่องจากการทำ ER thoracotomy เป็นหัตถการที่ invasive ต้องใช้ความรวดเร็วและประสบการณ์ อีกทั้งยังมีความเสี่ยงต่อบุคลากรทางการแพทย์รวมถึงมีอัตราการรอดที่ต่ำ จึงเกิดคำถามว่าใครควรจะเป็นผู้ทำหัตถการนี้ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าถูกทำโดย senior surgical resident 65%, trauma attending physician 26%, trauma fellow 4%, junior resident 3%, emergency resident 1% และ emergency medicine



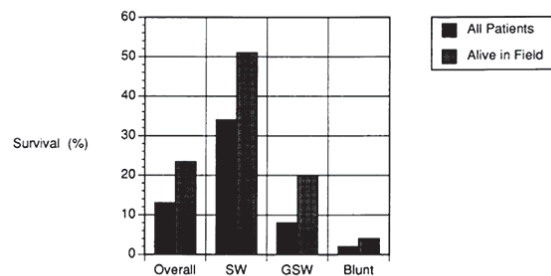
**รูปที่ 2** Survival following emergency thoracotomy in stab wound patients by physiologic status both when initially seen in the field and in the ED.



**รูปที่ 3** Survival following emergency thoracotomy in wound patients by physiologic status both when initially seen in the field and in the ED.

attending <1%<sup>(9)</sup>

ไม่ว่าจะทำหัตถการนี้โดยศัลยแพทย์หรือแพทย์ด้านอื่น ๆ พบว่าอัตราการรอดชีวิตไม่แตกต่างกัน<sup>(25)</sup> แต่ไม่ควรทำโดยแพทย์ที่ไม่ได้ผ่านการอบรม<sup>(5)</sup> Mollberg และคณะ ได้รายงานว่าถ้าทำโดย thoracic surgeon มีอัตราการรอดชีวิตรวมถึงมี neurologic outcome ที่ดีกว่าทำโดยแพทย์กลุ่มอื่น<sup>(24)</sup> คงไม่สามารถใช้ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียวในการ คัดการถึงอัตราการรอดชีวิต และพยากรณ์โรคได้ จำเป็นต้องพิจารณาแบบองค์รวมเป็นหลัก



**รูปที่ 4** Comparison of survival of patients who underwent emergency thoracotomy in our study with calculated survival of identical patient subgroups after eliminating all patients who were initially seen with no signs of life in the field (SW = stab wound patients, GSW = gunshot wound patients, Blunt = blunt trauma patients).

**Favorable prognostic factors<sup>(36)</sup>**

- Penetrating thoracic trauma
- Isolated stab wound
- Pericardial tamponade
- Signs of life in the ER
- Milder degree of shock
- Minimal EMS transit time
- Intubation in the field

**Adverse prognostic factors<sup>(36)</sup>**

- Blunt thoracic trauma
- Gun shot wound
- Exanguinating hemorrhage through the pericardium
- No signs of life
- Extreme shock
- Prolonged EMS transit time
- Unsuccessful field intubation
- Asystole as initial cardiac rhythm

**Physiologic rationale for ER thoracotomy***Primary goals of ER thoracotomy<sup>(5)</sup>*

1. The control of massive intrathoracic hemorrhage
2. The release of cardiac tamponade
3. The internal or open cardiac massage
4. The prevention or control of air embolism and bronchopleural fistula
5. The cross-clamping of descending aorta in order to redistribute limited blood flow to the myocardium and brain and limit sub-diaphragmatic hemorrhage

**1. The control of massive intrathoracic hemorrhage**

Massive hemorrhage อาจเกิดขึ้นจาก blunt และ penetrating injury การใส่ chest tube เพื่อระบาย

เลือด, relieve dyspnea และ improve gas transfer รวมทั้ง improve ventilation perfusion mismatch อาจไม่เพียงพอถ้ามีการฉีกขาดของ pulmonary vessels หรือ aorta การ control hemorrhage มีความสำคัญกว่าการให้ fluid และ inotrope ควรที่จะให้ inotrope หลังจาก control hemorrhage สำเร็จแล้ว<sup>(2)</sup>

**2. The release of cardiac tamponade**

เมื่อมีการบาดเจ็บต่อหัวใจและมีเลือดคั่งในเยื่อหุ้มหัวใจจะส่งผลให้ความดันในเยื่อหุ้มหัวใจสูงขึ้นจนมีผลต่อการสูบน้ำเลือดของหัวใจและ coronary perfusion จนผู้ป่วยเกิดภาวะ shock และ cardiac arrest ได้การใส่ท่อช่วยหายใจ, fluid resuscitation เป็นการรักษาเบื้องต้น การทำ pericardiocentesis เพื่อช่วยในการวินิจฉัยและรักษาเบื้องต้น พบว่าไม่ได้ผลเพราะส่วนใหญ่จะมี clot อยู่ใน intrapericardium ควรใช้ ultrasound ในการวินิจฉัยแทน<sup>(2,25)</sup> และถ้าผู้ป่วยอยู่ในภาวะวิกฤตใกล้ตาย ก็ไม่ควรลังเลที่จะทำ ER thoracotomy เพื่อ release tamponade<sup>(12)</sup> การทำ external compression หลังเกิด cardiac arrest แล้วพบว่าไม่ได้ประโยชน์<sup>(22)</sup>

**3. The internal or open cardiac massage**

การทำ external cardiac massage จะได้ cardiac output ประมาณ 20-25% ของภาวะปกติทำให้ได้ cerebral และ coronary perfusion 10-20% ของภาวะปกติซึ่งร่างกายจะทนได้ประมาณ 15-30 นาทีเท่านั้น<sup>(12)</sup> เป้าหมายของการ resuscitation คือต้องให้ได้ความดัน systolic blood pressure มากกว่า 70 mmHg การทำ internal cardiac massage จะช่วยเพิ่ม cardiac output เป็น 60-70% ของภาวะปกติ<sup>(13)</sup> ซึ่งจะได้ประโยชน์อย่างมากใน traumatic cardiac arrest

**4. The prevention or control of air embolism and bronchopleural fistula**

ภาวะ air embolism ส่วนใหญ่เกิดจาก penetrating injury พบ 4-14%<sup>(1)</sup> มีสาเหตุมาจากการติดต่อรหว่าง tracheobronchial tree และ pulmonary

vein เป็นภาวะที่วินิจฉัยได้ยากอาการผู้ป่วยจะเลวลงเฉียบพลัน หลังได้ positive pressure ventilation เพราะลมจะถูกอัดผ่านทางเดินหายใจเข้าไปใน pulmonary vein เข้าสู่หัวใจล่างซ้าย air emboli จะไปอุด coronary artery ต้องแก้ไขด้วยการ clamp pulmonary hilum

### 5. The cross-clamping of descending aorta

การหนีบ aorta ระหว่างการทำ ER thoracotomy จะทำในกรณีที่ผู้ป่วยอยู่ในภาวะ shock อย่างรุนแรงเพื่อเพิ่มเลือดไปเลี้ยงสมองและหัวใจช่วยลดเลือดที่ออกจากการบาดเจ็บในช่องท้อง พบว่าได้ประโยชน์ใน penetrating abdominal injury มากกว่า blunt abdominal injury ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญคือทำให้เกิดการขาดเลือดของไขสันหลังและอวัยวะในช่องท้อง

### Indication and contraindication<sup>(34)</sup>

#### Technique<sup>(1,2,5,33,34)</sup>

#### Current Indications and Contraindications for Emergency Department Thoracotomy

##### INDICATIONS:

##### Salvageable postinjury cardiac arrest:

- Patients sustaining witnessed penetrating thoracic trauma with <15 min of prehospital CPR
- Patients sustaining witnessed penetrating nonthoracic trauma with <5 min of prehospital CPR.
- Patients sustaining witnessed blunt trauma with <10 min of prehospital CPR

##### Persistent severe postinjury hypotension

(SBP < 60 mm Hg) due to:

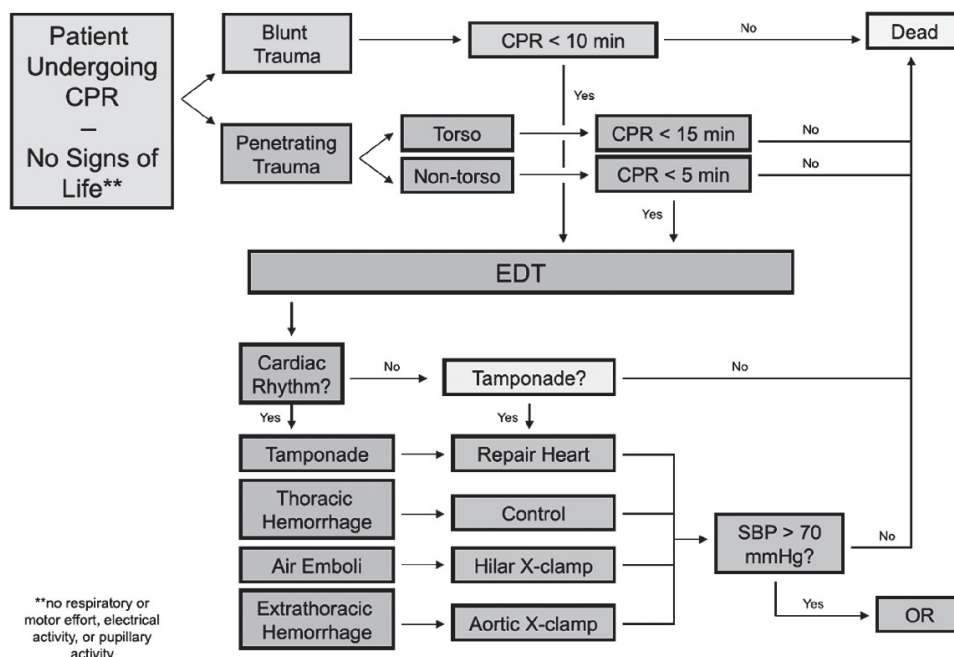
- Cardiac tamponade
- Hemorrhage-intrathoracic, intra-abdominal, extremity, cervical
- Air embolism

##### CONTRAINDICATIONS:

CPR >15 min following penetrating injury and no signs of life (pupillary response, respiratory effort, or motor activity)

CPR >10 min following blunt injury and no signs of life  
Asystole is the presenting rhythm and there is not pericardial tamponade

CPR = cardiopulmonary resuscitation; SBP = systolic blood pressure.



Algorithm directing the use of EDT in the multiply injured trauma patient.

ER thoracotomy เป็นหัตถการที่ invasive และต้องการความรวดเร็วในการทำ จึงควรเตรียมอุปกรณ์ไว้ที่ห้องฉุกเฉินให้พร้อมตลอดเวลา

ส่วนใหญ่เลือกเป็น left anterior thoracotomy ส่วน right anterior thoracotomy จะเลือกทำในกรณี penetrating injury ข้างขวา และเป็น non-cardiac arrest ถ้าเป็นไปได้ควรทำ venous และ arterial access ก่อนเริ่ม thoracotomy เมื่อเปิดช่องอกแล้วอาจทำ venous access ผ่านทาง superior vena cava และ arterial access ผ่านทาง aorta โดยตรงเพื่อทำการ monitor คนไข้ผู้ป่วยควรอยู่ในท่านอนหงายกางแขนซ้ายออก มีผ้าหนุนหลังให้ลำตัวยกสูงขึ้นเล็กน้อยประมาณ 15° ในผู้หญิงควรทำที่ขอบล่างของเต้านมซ้ายขึ้นไป ทางศีรษะถ้าจำเป็นต้องขยายแผลไปทางช่องอกด้านขวา (trans-sternal extension) ควรให้แนวแผลหน้าอกด้านขวายู้งขึ้นไป 1 ช่องซี่โครงควรผูก internal mammary artery เสมอเพราะอาจเป็นสาเหตุของเลือดออกภายหลังได้

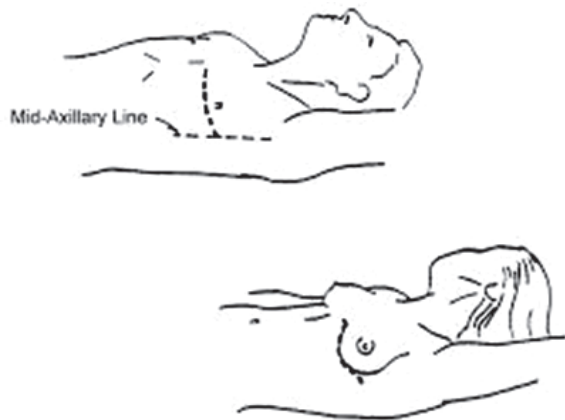
เมื่อ incision ผ่านชั้น subcutaneous จนถึงชั้น muscle จากนั้นตัดผ่านกล้ามเนื้อ pectoralis major ทางด้านหน้าและ serratus anterior ทางด้านหลังผ่านทะลุ intercostal muscles จนถึง parietal pleura ถ้าปอดมาขวางการทำงานอาจ mobilize ปอดด้วยการตัด inferior pulmonary ligament และโกยปอดไปทางด้าน antero-inferior หรืออาจผ่าน endotracheal tube ไปที่ right main bronchus เพื่อทำ one lung ventilation หลัง

จากเข้าสู่ช่องอกแล้วใช้ finochietto retractor ถ่างขยายช่องอกออกและขยายแผลเพื่อให้ทำงานได้สะดวก ในกรณีต้องตัดกระดูก sternum ไปช่องอกขวาสามารถใช้กรรไกร mayo ได้เพื่อความรวดเร็ว เรียกแผลนี้ว่า butterfly หรือ clamshell incision ซึ่งจะสามารถทำหัตถการต่าง ๆ ในช่องอกได้เกือบทุกชนิดรวมทั้ง aortic occlusion การปิดแผลอาจใช้เป็น towel clip เพื่อความรวดเร็วในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไป ห้องผ่าตัดแต่ต้องระวังเรื่อง bleeding หรือถ้าหัวใจบวมมากอาจต้องเปิดหน้าอกไว้แล้วปิดแผลด้วยวิธี vacuum dressing เพื่อย้ายไปดูแลต่อใน ICU

### Pericardiotomy and control hemorrhage

ควรเปิดเยื่อหุ้มหัวใจด้วยมีดหรือกรรไกรที่ตำแหน่งหน้าต่อและขนานไปกับ phrenic nerve ข้างซ้ายห่างประมาณ 1 ซม. ถ้าไม่สามารถหาตำแหน่งของ phrenic nerve ได้ให้เปิดในตำแหน่งที่ medial ที่สุดเพื่อป้องกันการบาดเจ็บต่อ nerve ในกรณี cardiac tamponade ควรเอาเลือดออกจากช่องเยื่อหุ้มหัวใจให้หมด ถ้าพบบาดแผลที่ ventricle ควรทำ digital occlusion ระวังไม่ให้นิ้วเข้าไปในบาดแผล เพราะจะทำให้ลักษณะมากขึ้นส่วน atrium ควรใช้ vascular clampหนีบไว้ถ้าหัวใจหยุดเต้นควรรีบเย็บซ่อมก่อนการทำ defibrillation และ internal cardiac massage สามารถให้ยา adrenaline โดยฉีดผ่าน left ventricle ได้โดยตรงการเย็บ ventricle อาจใช้ teflon pledget

| Instrument and equipment list for emergency thoracotomy                                |                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Instrument                                                                             | Role/comments                                                 |
| Scalpel—no. 10 blade                                                                   | Incision of skin and soft tissues                             |
| Suitable retractor, such as Finochietto's rib spreader, or Balfour abdominal retractor | Opening up the rib space                                      |
| Lebschke's knife and mallet, or Gigli saw                                              | Cutting through sternum                                       |
| Curved Mayo's scissors                                                                 | General dissection                                            |
| Toothed forceps                                                                        | Exploration and suturing                                      |
| Large vascular clamps, such as Satinsky                                                | Major vessel haemorrhage                                      |
| DeBakey aortic clamp                                                                   | Aortic cross-clamping                                         |
| Mosquito/Dunhill artery forceps                                                        | Haemorrhage control                                           |
| Foley catheter                                                                         | Temporary cardiac wound seal                                  |
| Long and short needle holders                                                          | Suturing/placing ties                                         |
| Internal defibrillator paddles                                                         | Intrathoracic defibrillation                                  |
| Sutures, Teflon pledgets, sternal wires                                                | To include 3/0 non-absorbable sutures and 2/0 absorbable ties |
| Skin preparation materials and swabs                                                   | For example, a laparotomy pack                                |
| Good lighting and high volume suction                                                  | Essential both in- and pre-hospital                           |

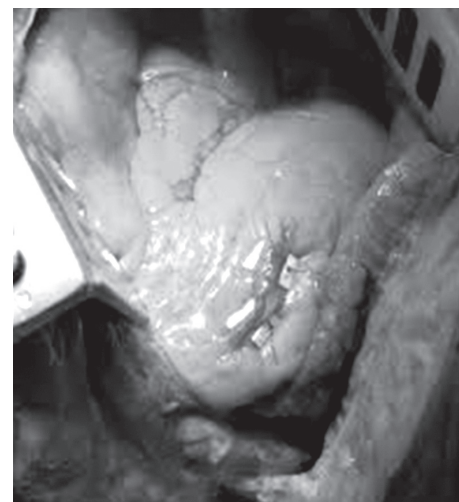
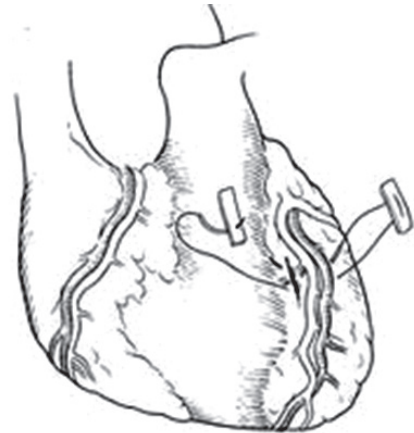
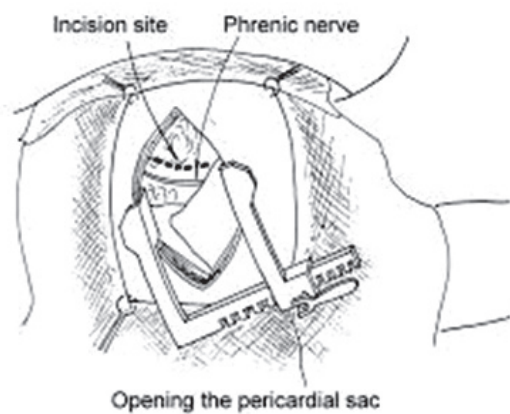


ช่วยรองไหมเย็บเพื่อกันไม่ให้ไหมเย็บตัดทะลุ กล้ามเนื้อหัวใจ (cut through) โดยเย็บขณะทำ digital occlusion แต่ต้องระวัง needle stick injury เพื่อหลีกเลี่ยงการเย็บปิด coronary artery ควรใช้วิธีเย็บแบบ horizontal mattress การซ่อม atrium ใช้ polypropylene 3-0 continuous ในกรณีที่ไม่สามารถเย็บซ่อม ventricle ได้ที่ ER อาจใช้ Foley catheter ใส่เข้าไปในแผล ventricle แล้วฉีดน้ำเข้าไปใน balloon เพื่อช่วยหยุดเลือดชั่วคราว หรือใช้ standard skin stapler เย็บเป็นการชั่วคราว จากนั้นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปเย็บซ่อมต่อในห้องผ่าตัด ในกรณีเกิด systemic air embolism ควรจัดท่าผู้ป่วยเป็น Trendelenberg position แล้ว cross clamp pulmonary hilum ถ้าไม่สามารถ clamp ได้ต้อง mobilize ปอดด้วยการตัด pulmonary ligament แล้วบิดปอด 180° จากนั้นทำการนวดหัวใจเพื่อไล่ฟองอากาศ

ออกจาก coronary artery ร่วมกับใช้เข็มดูดอากาศออกจาก apex และ aortic root

ถ้ามีเลือดออกจากเนื้อปอดอย่างรุนแรงควรใช้ clampหนีบไว้หรือทำการ packing เพื่อไปเย็บซ่อมต่อในห้องผ่าตัด ซึ่งโดยส่วนใหญ่การผ่าตัดจะเลือกเป็น non-anatomical wedge resection หรือทำ pulmonary tractotomy

การนวดหัวใจ (internal cardiac massage) ทำในกรณี cardiac arrest ควรทำโดยใช้สองมือโดยให้หัวใจอยู่ระหว่างนิ้วมือทั้ง 4 ของทั้งสองมือ และทำการนวดหัวใจโดยกระดกข้อมือทั้งสองข้างไม่ควรใช้มือเดียวนวดหัวใจ เพราะกล้ามเนื้อหัวใจอาจทะลุจากการกดของนิ้วหัวแม่มือได้ในกรณีเกิด ventricular fibrillation ต้องทำ internal defibrillation ใช้พลังงาน 10-50 j.



ควรทำ temporary digital occlusion ไปบน thoracic vertebra จนกว่าจะ cross clamp descending thoracic aorta สำเร็จก่อน clamp จะต้อง mobilize ปอด ก่อนด้วยการตัด inferior pulmonary ligament ทำ blunt dissection ทั้งขอบบนและล่างของ aorta เพื่อแยก esophagus และ prevertebral fascia ออกจาก aorta จนสามารถใช้นิ้วเข้าไปคล้อง aorta ได้ไม่ควรดึง aorta ขึ้นมาเพราะจะทำให้มีการฉีกขาดของ inter-costal artery จากนั้นใช้ Satinsky หรือ Debaquey's vascular clamp หนีบเส้นเลือดระหว่าง diaphragm กับได้ต่อ pulmonary hilum บริเวณ inferior pulmonary ligament และไม่ควร clamp นานเกิน 30 นาที เพราะมีโอกาสเกิด paraplegia ได้

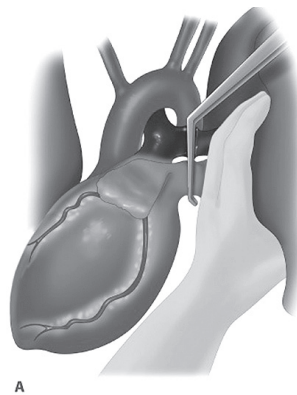
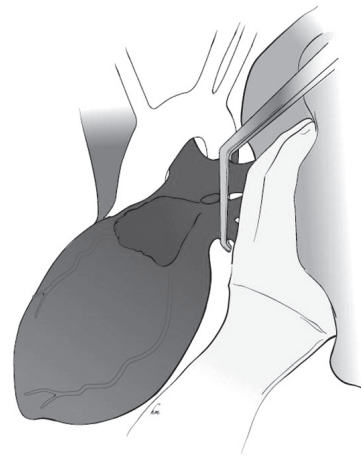
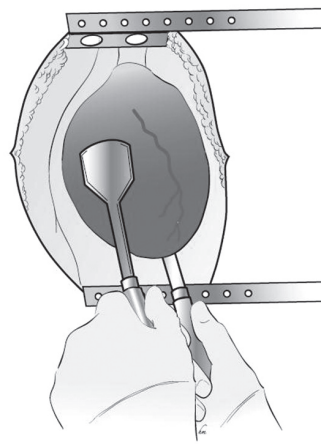
เกิดได้กับอวัยวะทุกอย่างในช่องอก ในระหว่างการทำหัตถการได้แก่ การฉีกขาดของกล้ามเนื้อหัวใจ และปอดจากการใช้กรรไกร Mayo รวมทั้งการทำ internal cardiac massage, การฉีกขาดของเส้นเลือดแดง aorta,

### Complication

ภาวะแทรกซ้อนขณะทำ ER thoracotomy อาจ



*Cardiac massage and thoracic aortic occlusion*

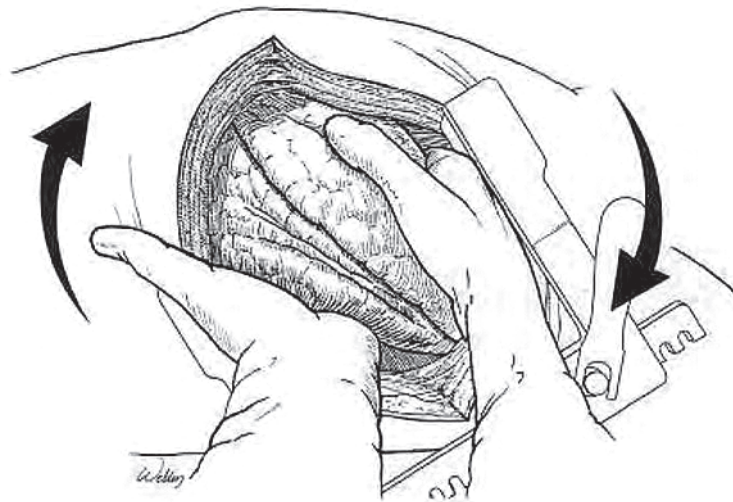


A

vagus nerve, branches of aorta และ esophagus ระหว่างการทำ aortic cross clamp, การฉีกขาดของ phrenic nerve ระหว่างการเปิด pericardium, การมี bleeding จาก untied internal mammary artery ผู้ป่วยที่เคยผ่าตัดช่องอกมาก่อนจะมีพังผืด (adhesion) ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บต่ออวัยวะต่างๆ มากขึ้นถือว่าเป็น relative

contraindication

ภาวะแทรกซ้อนหลังทำ ER thoracotomy ได้แก่ pneumonia, atelectasis, post-pericardiotomy syndrome, empyema thoracis, bacterial pericarditis, chest wall infection, pulmonary embolism, acute myocardial infarction, paraplegia



### Pre-hospital care and thoracotomy

อัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยภายหลังการทำ ER thoracotomy ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะเรื่องเวลา ระยะเวลาของการทำ CPR ที่มากกว่า 15 นาที, cardiac arrest ที่นานกว่า 10 นาที แทบไม่มีผู้รอดชีวิตเลย<sup>(4,22)</sup> รวมถึงเวลาในการนำส่งผู้ป่วยจนถึงการทำ ER thoracotomy, signs of life เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญถ้าไม่มี SOL at scene หลังได้รับบาดเจ็บอัตราการรอดเป็นศูนย์, สูญเสีย SOL ก่อนแพทย์มาถึงมีอัตราการรอด 9% และถ้าสูญเสีย SOL หลังแพทย์มาถึง พบว่าอัตราการรอดเพิ่มเป็น 29%<sup>(4)</sup>

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้ป่วยส่วนหนึ่งจะต้องเสียชีวิตก่อนที่จะได้ทำ ER thoracotomy จึงเกิดแนวคิดในเรื่อง pre-hospital thoracotomy เพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วยกลุ่มนี้ ทั้งนี้ขึ้นกับความพร้อมของทีม,

เครื่องมือ, นโยบายของแต่ละโรงพยาบาล, การตัดสินใจของแพทย์ในที่เกิดเหตุเพราะยังไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนในเรื่องนี้ Coats และคณะ พบว่าอัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วย penetrating injury ที่ได้รับการทำ pre-hospital thoracotomy อยู่ที่ 10%, 59% มี return of spontaneous circulation<sup>(4)</sup> blunt injury มีอัตราการรอด 1.6%<sup>(5)</sup>

สิ่งที่สำคัญที่จะเพิ่มอัตราการรอดชีวิตคือการดูแลผู้ป่วยในที่เกิดเหตุและระหว่างนำส่งโรงพยาบาล<sup>(2)</sup> ผู้ป่วยที่รอดจากการทำ ER thoracotomy 42% ได้รับการทำ pre-hospital CPR<sup>(22)</sup> การให้ volume resuscitation, CPR, intubation ล้วนเป็นปัจจัยที่เพิ่มอัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยทั้งสิ้น<sup>(25)</sup> ทำให้ต้องกลับมาทบทวน concept scoop and run ใหม่

**Timing of loss of signs of life**

|                                          | Number | Survival (%)   |
|------------------------------------------|--------|----------------|
| No signs of life after injury            | 9      | 0              |
| Signs of life lost before doctor arrived | 23     | 9 (2patients)  |
| Signs of life lost after doctor arrived  | 7      | 29 (2patients) |

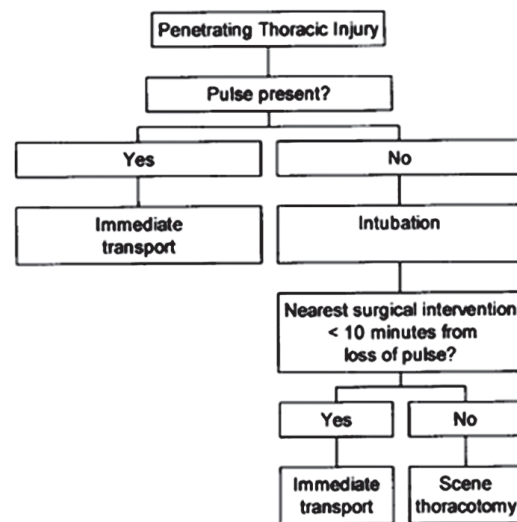
เพื่อให้เป็นความสูญเสียทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์ และต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ทั้งในที่เกิดเหตุและระหว่างนำส่ง NAEMSP และ COT จึงได้กำหนดแนวทางการดูแลผู้ป่วย traumatic cardiopulmonary arrest (TCPA) ในที่เกิดเหตุขึ้นมา เพื่อให้พิจารณาว่าจะหยุดในการช่วยเหลือเมื่อไร เช่น ใช้เวลานานส่งมากกว่า 15 นาที, ระยะเวลาการทำ CPR มากกว่า 15 นาที, blunt trauma ที่ไม่มี SOL, ผู้ป่วยตายแล้วแน่นอนจากการตรวจพบมี rigor mortis หรือ หัวขาดเป็นต้น<sup>(21)</sup>

### ER thoracotomy in children

Incidence การทำ ER thoracotomy ในเด็ก พบว่า blunt injury 57%, GSW 30%, stab wound 13% โดยมีความคาดหวังว่า ER thoracotomy จะสามารถช่วยคนที่อายุน้อยได้เพราะผู้ป่วยกลุ่มนี้น่าจะทนต่ออาการบาดเจ็บที่รุนแรงได้แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้น พบว่า overall survival 6.3%, penetrating injury 12.2% และ blunt injury 2.3%<sup>(38)</sup>

Rothenberg และคณะรายงานว่า stab wound มีอัตราการรอด 9%, GSW รอด 4% จะเห็นได้ว่าอัตราการรอดชีวิตของเด็กไม่ได้แตกต่างจากผู้ใหญ่ SOL, mechanism และ location ของการบาดเจ็บล้วนเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรอดเหมือนกับในผู้ใหญ่ การทำ ER thoracotomy ในผู้ป่วยเด็กที่ปราศจาก SOL พบว่าไม่มีผู้ป่วยรอดชีวิตเลย

Rothenburg พบว่าผู้ป่วยเด็กที่รอดจนกลับบ้านได้มีเพียง 4% เท่านั้นที่ไม่มีอาการทางสมอง<sup>(17)</sup>



Decision algorithm for prehospital thoracotomy.

ค่าใช้จ่ายในการทำ ER thoracotomy ต่อครั้งอยู่ที่ \$2,740 ± \$214 ส่วนค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดระยะเวลาที่ทำการรักษาอยู่ที่ \$14,848 ± \$214<sup>(18)</sup>

การทำ ER thoracotomy ในเด็กยังไม่มีตัวบ่งชี้และแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน การปฏิบัติได้ยึดตามหลักของผู้ใหญ่<sup>(18)</sup> ควรคำนึงถึง physiologic status of presentation และ mechanism injury ควรทำใน penetrating injury มากกว่า blunt injury

### Risks to medical staff

บรรยากาศในห้องฉุกเฉินมักจะเต็มไปด้วยความซุลมุนวุ่นวายเสมอ และมันจะเลวร้ายยิ่งขึ้นถ้าต้องทำหัตถการร่วมด้วย โดยเฉพาะถ้ามันเป็นการทำ ER thoracotomy ในการทำหัตถการต่าง ๆ รวมทั้งการผ่าตัดพบว่าสัณยแพทย์มีโอกาสสัมผัสต่อเลือด

E.D. thoracotomy outcome in children versus adults, stratified by mechanism and location of injury

|          | Stab Wound |             | Gunshot Wound |            | Blunt Trauma |            |
|----------|------------|-------------|---------------|------------|--------------|------------|
|          | Child      | All Ages    | Child         | All Ages   | Child        | All Ages   |
| Chest    | 0/6 (—)    | 11/65 (17%) | 0/11 (—)      | 3/114 (3%) | 0/2 (—)      | 0/28 (—)   |
| Abdomen  | 0/2 (—)    | 1/10 (10%)  | 1/10 (10%)    | 2/34 (6%)  | 0/1 (—)      | 0/13 (—)   |
| Multiple | 1/3 (33%)  | 2/20 (10%)  | 0/4 (—)       | 3/70 (4%)  | 1/44 (2%)    | 7/278 (3%) |
| Totals   | 1/11 (9%)  | 14/95 (15%) | 1/25 (4%)     | 8/218 (4%) | 1/47 (2%)    | 7/319 (2%) |

Child column represents the 83 patients ≤18 yrs old in the present report; the all ages column is derived from a population of 632 patients analyzed in a previous review (2).

ผู้ป่วย 50% และทีมงานมีโอกาสถึง 60% เลยทีเดียว<sup>(12)</sup> แต่พบว่าในกลุ่มที่สัมผัสต่อเลือดผู้ป่วยได้รับการป้องกันเพียงแค่ 40%<sup>(6)</sup> ความเสี่ยงน่าจะเพิ่มขึ้นในการทำ ER thoracotomy ซึ่งเป็นหัตถการที่ต้องใช้ความรวดเร็วเพื่อเย็บอุดชีวิตคนไข้จากความตายร่วมกับคนไข้อุบัติเหตุส่วนหนึ่งมีการติดเชื้ออยู่ก่อนแล้วไม่ว่าจะเป็น HIV, hepatitis B และ C อัตราการติดเชื้อของผู้ป่วยอุบัติเหตุพบว่ามีเชื้อ HIV เฉลี่ย 0-4.3%<sup>(13)</sup> อาจสูงถึง 14% ในผู้ป่วย penetrating injury และเพิ่มเป็น 30% ในกลุ่มที่ใช้

ยาเสพติด<sup>(12)</sup> พบการติดเชื้อ Hepatitis B 0.3-20% และ Hepatitis C 2.8-14%<sup>(12,13)</sup> โอกาสที่จะเกิด percutaneous injury จากการทำ ER thoracotomy และ CABG อยู่ที่ 9%, ใน abdominal trauma อยู่ที่ 5% และมีโอกาสติดเชื้อภายหลังเกิด needle stick injury และ cut exposure ของบุคลากรทางการแพทย์ ในรายของ HIV โอกาสติดเชื้ออยู่ระหว่าง 0.3-4.3% hepatitis B 6-30% และ hepatitis C 1.8-10%<sup>(7,13)</sup> พบว่ามีบุคลากรทางการแพทย์เป็น hepatitis 12,000 รายต่อปี ในจำนวนนี้ต้องเสียชีวิต

### Survival following E.D. thoracotomy in children arriving without signs of life in the E.D.

|          | Stab Wound     | Gunshot        | Blunt           |
|----------|----------------|----------------|-----------------|
| Chest    | 0/5 (—)        | 0/10 (—)       | 0               |
| Abdomen  | 0/1 (—)        | 0/7 (—)        | 0/2 (—)         |
| Multiple | <u>0/1 (—)</u> | <u>0/4 (—)</u> | <u>0/28 (—)</u> |
| Totals   | 0/7 (—)        | 0/21 (—)       | 0/30 (—)        |

### Survival following E.D. thoracotomy in children arriving with waning signs of life, but no vital signs, in the E.D.

|          | Stab wound        | Gunshot  | Blunt          |
|----------|-------------------|----------|----------------|
| Chest    | 0/2 (—)           | 0/1 (—)  | 0              |
| Abdomen  | 0                 | 0/1 (—)  | 0              |
| Multiple | <u>1/1 (100%)</u> | <u>0</u> | <u>0/6 (—)</u> |
| Totals   | 1/3 (33%)         | 0/2 (—)  | 0/6 (—)        |

### Survival following E.D. thoracotomy in children arriving with vital signs in the E.D.

|          | Stab wound | Gunshot   | Blunt            |
|----------|------------|-----------|------------------|
| Chest    | 0          | 0         | 0/1 (—)          |
| Abdomen  | 0/1 (—)    | 1/2 (50%) | 0/1 (—)          |
| Multiple | <u>0</u>   | <u>0</u>  | <u>1/9 (11%)</u> |
| Totals   | 0/1 (—)    | 1/2 (50%) | 1/11 (9%)        |

ไป 200-300 ราย<sup>(6)</sup> ในขณะที่โอกาสเกิด acute hepatitis C หลังได้รับเชื้ออยู่ที่ 30% ประมาณ 85% กลายเป็น chronic hepatitis และลงท้ายด้วย liver cirrhosis, liver failure และ hepatocellular carcinoma ในที่สุด<sup>(7)</sup>

ภายหลังการสัมผัสเลือดที่ติดเชื้อบุคลากรทางการแพทย์ก็ต้องเข้าสู่กระบวนการเจาะเลือดเพื่อส่งตรวจรวมทั้งอาจจำเป็นต้องได้รับยาป้องกันการติดเชื้อร่วมด้วย ทำให้ต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ \$1,377 และจะต้องสูงกว่านั้นมากถ้าเกิดการติดเชื้อขึ้นจริง

### Cost benefit analysis

อัตราการรอดชีวิตโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยที่ได้รับการทำ ER thoracotomy อยู่ที่ 2.5-25% แต่พบว่าการใช้จ่ายในการรักษาผู้ป่วยต่อรายอยู่ที่ประมาณ \$13,674 - \$140,000<sup>(13)</sup> พบว่าถ้าเลือกเฉพาะ penetrating injury ค่าใช้จ่ายจะอยู่ที่ \$20,137<sup>(19)</sup> ต้นทุนของการทำหัตถการนี้ต่อครั้งอยู่ที่ประมาณ \$892 - \$7,200<sup>(13,19)</sup> จะเห็นได้ว่ามีค่าใช้จ่ายที่สูงมากในการที่จะช่วยผู้ป่วยในแต่ละรายให้รอดชีวิตจนกระทั่งกลับบ้านได้ยังไม่นับรวมค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียไปกับความล้มเหลวของการทำหัตถการนี้

### Post operative care and future management

ผู้ป่วยที่ต้องได้รับการทำ ER Thoracotomy ต่างได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรงมาแล้วทั้งสิ้นส่วนใหญ่มี traumatic cardiac arrest และ profound shock ยังมี cardiac injury ทั้งที่เกิดจาก trauma และ จากการทำ ER thoracotomy ในผู้ป่วย severe trauma มักจะมีภาวะแทรกซ้อนตามมาจาก metabolic response to

### Costs of Occupational Exposure Associated With Emergency Department Thoracotomy<sup>a</sup>

| Cost drivers                                           | Year-2000 Dollars       |
|--------------------------------------------------------|-------------------------|
| Counseling for occupational exposure—level 5           | \$ 460                  |
| Hospitalization for acute hepatitis                    | \$ 2,937                |
| Postexposure prophylaxis medications                   |                         |
| 1-Month supply of zidovudine                           | \$ 319 <sup>17</sup>    |
| 1-Month supply of lamivudine                           | \$ 257 <sup>17</sup>    |
| 5-Day supply of zidovudine                             | \$ 53 <sup>17</sup>     |
| 5-Day supply of lamivudine                             | \$ 43 <sup>17</sup>     |
| Laboratory tests                                       |                         |
| Western blot—HIV                                       | \$ 37                   |
| ELISA—Antibody HIV 1 and 2, single assay               | \$ 52                   |
| Anti-HCV antibody screen                               | \$ 149                  |
| Antibody, HCV confirmatory test                        | \$ 250                  |
| CBC                                                    | \$ 15                   |
| Chem 7                                                 | \$ 131                  |
| LFTs                                                   | \$ 50                   |
| ALT                                                    | \$ 19                   |
| Hepatitis B surface antigen                            | \$ 125                  |
| Hepatitis B surface antibody                           | \$ 70                   |
| Lifetime health care costs associated with HIV         | \$223,072 <sup>18</sup> |
| Lifetime health care costs associated with hepatitis C | \$ 31,343 <sup>19</sup> |

<sup>a</sup> Unless otherwise indicated, all costs are derived from Boston Medical Center charges.

HIV, human immunodeficiency virus; ELISA, enzyme-linked immunoassay; HCV, hepatitis C virus; CBC, complete blood count; LFT, liver function test; ALT, alanine aminotransferase.

injury ได้แก่ hypothermia, acidosis, coagulopathy, pulmonary hemorrhage และ hypoxia<sup>(27)</sup> ซึ่งจะส่งผลให้เสียชีวิตในที่สุด การรักษาคงไม่ได้จบที่การทำ ER thoracotomy และ definitive treatment ในห้องผ่าตัด การจะช่วยให้ผู้ป่วยรอดชีวิตได้จำเป็นต้องได้รับการดูแลหลังผ่าตัด (post-operative care) ตาม standard การดูแลคนไข้ severe trauma, cardiac และ lung surgery ผู้ป่วยต้อง admit ใน ICU เพื่อแก้ไขภาวะ hypothermia, coagulopathy และ hypoxia หลีกเลี่ยง fluid overload ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางการแพทย์รุดหน้าไปมาก มีการนำเทคนิคการรักษาแบบใหม่มาช่วยในการรักษา

### Expected Costs Associated With an EDT Occupational Exposure<sup>a</sup>

|                                              | Short-Term Costs (\$) | Long-Term Costs (\$) | Total Costs (\$) |
|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| Baseline evaluation                          | 656                   | 0                    | 656              |
| HIV exposures (potential and actual)         | 368                   | 9                    | 377              |
| Hepatitis C exposures (potential and actual) | 258                   | 86                   | 344              |
| Total expected cost of an EDT with exposure  | 1,282                 | 95                   | 1,377            |

<sup>a</sup> All costs are in year-2000 dollars.

EDT, emergency department thoracotomy; HIV, human immunodeficiency virus.

ผู้ป่วย severe trauma แต่ยังไม่เป็น standard ในการรักษา เช่น extracorporeal life support (ECLS), intraaortic balloon pump (IABP), hypothermia เป็นต้น

### Hypothermia

Mild to moderate hypothermia (32-34°C) ในช่วง 12-24 ชั่วโมงแรกหลังเกิด non-traumatic cardiac arrest พบว่าช่วยเพิ่ม survival และ neurological outcome ของผู้ป่วย<sup>(35)</sup> traumatic cardiac arrest พบว่า hypothermia อาจได้ประโยชน์ แม้วามันจะมีความสัมพันธ์อย่างแนบแน่นกับภาวะ coagulopathy และ mortality เป็น marker of severity of injury ในคนไข้ trauma<sup>(27)</sup>

จากการทดลองทางห้องปฏิบัติพบว่า mild hypothermia ช่วยลด mortality จาก severe hemorrhagic shock<sup>(27)</sup> ยังมีการทดลองในสัตว์โดย induce ให้เกิด deep hypothermia (<10°C) ใน uncontrolled exsanguinating arrest เพื่อใช้ในการ control bleeding อาจนำมาประยุกต์ใช้ใน ER thoracotomy เพื่อเพิ่มเวลาในการผ่าตัดซ่อมแซม<sup>(32)</sup>

### Extracorporeal life support (ECLS)

ECLS มักจะถูกใช้ support hemodynamic ในคนไข้ cardiac surgery ได้มีการนำ ECLS มาใช้ในคนไข้ severe thoracic trauma ที่อาการเลวลงแม้ว่าจะได้รับ maximum conventional therapy แล้ว Gentilello เป็นผู้นำมาใช้ครั้งแรกในการ rewarm ผู้ป่วย severe trauma<sup>(30)</sup> ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ ECLS ได้แก่เพิ่ม oxygenation, rewarm blood, infuse massive blood volume, แก้ไขภาวะ hypercarbia และ circulatory support รอผู้ป่วยฟื้นตัว<sup>(29)</sup> ยังเป็นการซื้อเวลาให้คนไข้และศัลยแพทย์ในการหาสาเหตุที่แท้จริงของการบาดเจ็บและแก้ไขต่อไป<sup>(30)</sup>

เนื่องจาก ECLS จำเป็นต้องได้ systemic

anticoagulant ทำให้เกิดปัญหา bleeding ได้แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนา circuit เป็นแบบ heparin-bonded circuit ช่วยให้การให้ systemic heparin ลงปัจจุบันยังใส่ได้ง่ายขึ้น มีทั้งแบบ veno-venous, veno-arterial เคลื่อนย้ายได้ง่าย<sup>(24)</sup> ยังมีการนำ percutaneous cardio-pulmonary bypass มาใช้ในการ repair ventricle ขณะทำ ER thoracotomy<sup>(31)</sup> ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้ ECLS คือ peripheral ischemia พบได้ 19%<sup>(28)</sup> อัตราการรอดอยู่ระหว่าง 60-70%<sup>(28,29)</sup>

### Conclusion

การทำ ER thoracotomy พบว่ามีอัตราการรอดชีวิตที่ค่อนข้างต่ำ ควรทำใน penetrating injury มากกว่าใน blunt injury การที่จะเพิ่มโอกาสรอดชีวิตให้กับคนไข้ จำเป็นต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดีตั้งแต่ pre-hospital care อาจรวมถึง pre-hospital thoracotomy ในบางรายต้องมีทีม critical care ที่ดีในการดูแลผู้ป่วยหลังผ่าตัดและระยะฟื้นตัว ควรมีการติดตามผู้ป่วยหลังจากออกจากโรงพยาบาลไปแล้ว

การทำ ER thoracotomy ในแต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และต้องคำนึงถึงความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงานร่วมด้วยยังรวมถึงค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปกับคนไข้ที่ต้องเสียชีวิตซึ่งเป็นเงินมหาศาล การพิจารณาในการทำหัตถการนี้ยังไม่เป็นเอกภาพเดียวกัน ยังมีการใช้ความเห็นส่วนตัวในการตัดสินใจ จึงควรมีการกำหนด indication และ contraindication, predictor outcome และ guideline ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อให้ใช้ทรัพยากรทั้งด้านบุคลากร อุปกรณ์การแพทย์ให้คุ้มค่าที่สุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ลืมว่าคนไข้ส่วนใหญ่ที่ได้รับการทำ ER thoracotomy เป็นคนอายุน้อยและแข็งแรงมีโอกาสฟื้นตัวได้สูงจึงเป็นเรื่องที่ลำบากใจอย่างยิ่งที่จะปล่อยคนไข้ให้เสียชีวิต โดยไม่ลองทำอะไรเลย แม้ว่าโอกาสรอดจะมีเพียงน้อยนิดก็ตาม

*"no price is too high to pay for saving a life"*

## Reference

- Hunt PA, Greaves I, Owens WA. Emergency thoracotomy in thoracic trauma-a review. *Injury* 2006; 37: 1-19.
- Karim B, "Emergency Department Thoracotomy: Indications and Techniques of Resuscitative Thoracotomy," An Online Publication, September 2006. [www.trauma.org](http://www.trauma.org).
- Lorenz HP, Steinmetz B, Lieberman J, Schecoter WP, Macho JR. Emergency thoracotomy: survival correlates with physiologic status. *J Trauma* 1992; 32: 780-5.
- Coats TJ, Keogh S, Clark H, Neal M. Prehospital resuscitative thoracotomy for cardiac arrest after penetrating trauma: rationale and case series. *J Trauma* 2001; 50: 670-3.
- Chalkias, A Prehospital emergency thoracotomy: when to do it? *Australasian Paramed* 2009; 7: 1-12.
- Esposito TJ, Jurkovich GJ, Rice CL, Maier RV, Copass MK, Ashbaugh DG. Reappraisal of emergency room thoracotomy in a changing environment. *J Trauma* 1991; 31: 881-5.
- Sikka R, Millham FH, Feldman JA. Analysis of occupational exposures associated with emergency department thoracotomy. *J Trauma* 2004; 56: 867-72.
- Suliburk JW. Complications of emergency center thoracotomy. *Tex Heart Inst J* 2012; 39: 876-7.
- Miglietta MA, Robb TV, Eachempati SR, Porter BO, Cherry R, Brause J, et al. Current opinion regarding indications for emergency department thoracotomy. *J Trauma* 2001; 51: 670-6.
- Balkan ME, Oktar GL, Kayi-Cangir A, Ergul EG. Emergency thoracotomy for blunt thoracic trauma. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 8: 78-82.
- Burlew CC, Moore EE, Moore FA, Coimbra R, McIntyre RC, Jr., Davis JW, et al. Western Trauma Association critical decisions in trauma: resuscitative thoracotomy. *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 73: 1359-63.
- Cothren C, Moore EE. Emergency department thoracotomy for the critically injured patient: Objectives, indications, and outcomes. *World J Emerg Surg* 2006; 1: 4.
- Seamon MJ, Chovanes J, Fox N, Green R, Manis G, Tsiotsias G, et al. The use of emergency department thoracotomy for traumatic cardiopulmonary arrest. *Injury* 2012; 43: 1355-61.
- Gumm K, Judson R, Walsh M, Antippa P, Thomson B, McGurgan C, et al. Emergency Department Thoracotomy Guideline [Internet]. [cited 2014 Jul 17]. Available from: <http://clinicalguidelines.mh.org.au/brochures/TRM04.02.pdf>
- Practice management guidelines for emergency department thoracotomy. Working Group, Ad Hoc Subcommittee on Outcomes, American College of Surgeons-Committee on Trauma. *J Am Coll Surg* 2001; 193: 303-9.
- Henderson VJ, Smith RS, Fry WR, Morabito D, Peskin GW, Barkan H, et al. Cardiac injuries: analysis of an unselected series of 251 cases. *J Trauma* 1994; 36: 341-8.
- Rothenberg SS, Moore EE, Moore FA, Baxter BT, Moore JB, Cleveland HC. Emergency Department thoracotomy in children--a critical analysis. *J Trauma* 1989; 29: 1322-5.
- Sheikh AA, Culbertson CB. Emergency department thoracotomy in children: rationale for selective application. *J Trauma* 1993; 34: 323-8.
- Rhee PM, Acosta J, Bridgeman A, Wang D, Jordan M, Rich N. Survival after emergency department thoracotomy: review of published data from the past 25 years. *J Am Coll Surg* 2000; 190: 288-98.
- Asensio JA, Murray J, Demetriades D, Berne J, Cornwell E, Velmahos G, et al. Penetrating cardiac injuries: a prospective study of variables predicting outcomes. *J Am Coll Surg* 1998; 186: 24-34.
- Hopson LR, Hirsh E, Delgado J, Domeier RM, Krohmer J, McSwain NE, Jr., et al. Guidelines for withholding or termination of resuscitation in prehospital traumatic cardiopulmonary arrest. *J Am Coll Surg* 2003; 196:

- 475-81.
22. Powell DW, Moore EE, Cothren CC, Ciesla DJ, Burch JM, Moore JB, et al. Is emergency department resuscitative thoracotomy futile care for the critically injured patient requiring prehospital cardiopulmonary resuscitation? *J Am Coll Surg* 2004; 199: 211-5.
  23. Moore EE, Knudson MM, Burlew CC, Inaba K, Dicker RA, Biffl WL, et al. Defining the limits of resuscitative emergency department thoracotomy: a contemporary Western Trauma Association perspective. *J Trauma* 2011; 70: 334-9.
  24. Mollberg NM, Glenn C, John J, Wise SR, Sullivan R, Vafa A, et al. Appropriate use of emergency department thoracotomy: implications for the thoracic surgeon. *Ann Thorac Surg* 2011; 92: 455-61.
  25. Athanasiou T, Krasopoulos G, Nambiar P, Coats T, Petrou M, Magee P, et al. Emergency thoracotomy in the pre-hospital setting: a procedure requiring clarification. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; 26: 377-86.
  26. Keller D, Kulp H, Maher Z, Santora TA, Goldberg AJ, Seamon MJ. Life after near death: long-term outcomes of emergency department thoracotomy survivors. *J Trauma Acute Care Surg* 2013; 74: 1315-20.
  27. Tisherman SA. Salvage techniques in traumatic cardiac arrest: thoracotomy, extracorporeal life support, and therapeutic hypothermia. *Curr Opin Crit Care* 2013; 19: 594-8.
  28. Ried M, Bein T, Philipp A, Muller T, Graf B, Schmid C, et al. Extracorporeal lung support in trauma patients with severe chest injury and acute lung failure: a 10-year institutional experience. *Crit Care* 2013; 17: R110.
  29. Arlt M, Philipp A, Voelkel S, Rupprecht L, Mueller T, Hilker M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe trauma patients with bleeding shock. *Resuscitation* 2010; 81: 804-9.
  30. Perchinsky MJ, Long WB, Hill JG, Parsons JA, Bennett JB. Extracorporeal cardiopulmonary life support with heparin-bonded circuitry in the resuscitation of massively injured trauma patients. *Am J Surg* 1995; 169: 488-91.
  31. Kurimoto Y, Kano H, Yama N, Nara S, Hase M, Asai Y. Out-of-hospital cardiopulmonary arrest due to penetrating cardiac injury treated by percutaneous cardiopulmonary support in the emergency room: report of a case. *Surg Today* 2007; 37: 240-2.
  32. Rhee P, Talon E, Eifert S, Anderson D, Stanton K, Koustova E, et al. Induced hypothermia during emergency department thoracotomy: an animal model. *J Trauma* 2000; 48: 439-47.
  33. Wall MJ, Soltero E. Damage control thoracic injury. *Surg Clin North Am* 1997; 77: 863-78.
  34. Mattox K, Moore E, Feliciano D. *Trauma*, 7th ed., New York: McGraw-Hill Professional; 2012. Chapter 14, Emergency Department Thoracotomy; p. 236-50.
  35. Peberdy MA, Callaway CW, Neumar RW, Geocadin RG, Zimmerman JL, Donnino M, et al. Part 9: post-cardiac arrest care: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010; 122(18 Suppl 3): S768-86.
  36. Biffl WL, Moore EE, Harken AH. Emergency department thoracotomy. In: Mattox KL, Feliciano DV, Moore EE, editors. *Trauma*. 4th ed., New York: McGraw-Hill; 2000. p.245-59
  37. Kevin L. Crumpton KL, Shockley LW. EMR textbook-emergency department thoracotomy [online]. 2002 [cited 2003 Sep 5]. Available from : URL:[http://www.thrombosis-consult.com/articles/Textbook/127\\_thoracotomy.htm](http://www.thrombosis-consult.com/articles/Textbook/127_thoracotomy.htm)
  38. Working Group, Ad Hoc Subcommittee on Outcomes, American College of Surgeons. Committee on Trauma. Practice management guidelines for emergency department thoracotomy. working Group , AD Hoc Subcommittee on Outcomes, American College of Surgeons-Committee on Trauma. *J Am Coll Surg* 2001; 193: 303-9.