



การบาดเจ็บจากระเบิด (Blast Injuries)

นพ.พงศ์ธร เกียรติดำรงวงศ์

ศัลยแพทย์, เวชบำบัดวิกฤติ, เวชศาสตร์ฉุกเฉิน

*อาจารย์แพทย์ห้องฉุกเฉิน ฝ่ายผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ในช่วงเวลาประมาณ 50 ปีที่ผ่านมาจะมีคำพูดที่ว่า การบาดเจ็บจากความรุนแรงในเมือง (civilian trauma) ไม่อาจเทียบได้จากการบาดเจ็บจากการสู้รบทางทหาร (military trauma) ดังเห็นได้จากตารางที่ 1 ซึ่งเปรียบเทียบความแตกต่างของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นระหว่าง civilian กับ military injuries ซึ่งจะเห็นว่าความรุนแรงของ military สูงกว่ามากและมีแนวโน้มที่จะเสียชีวิตมากกว่า

	Civilian	Military
Velocity	Low	High
Cavitation	Minimal	Significant
Tissue Destruction	Missile tract	Extensive
Prehospital time	< 30 minutes*	> 2 hours
Location	Torso	Extremities
Contamination	Minimal	Extensive

*USA prehospital time only: Adapted from Trunkey D., Slater M. In: *Trauma 4th ed.* Mattox KL, Feliciano D, Moore EE, eds. McGraw-Hill 2000: 1211-1228

แต่เมื่อประชากรมีมากขึ้นและความเป็นอยู่ดีขึ้น ความรุนแรงในสังคมก็เพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว การใช้อาวุธปืนที่มีความรุนแรงในการทำลายสูงก็มีมากขึ้น และเมื่อมีเหตุการณ์ความไม่สงบในประเทศต่างๆ เกิดขึ้นจากการก่อการร้าย ทั่วโลกก็ให้เห็นความรุนแรงของการบาดเจ็บที่เทียบเท่ากับ military trauma มากขึ้นเรื่อยๆ การบาดเจ็บที่รุนแรงมักเกิดจากระเบิดซึ่งในอดีตเราเรียนรู้เรื่องของบาดเจ็บจากระเบิด (Blast injury) ได้เพียงเล็กน้อยเนื่องจากต้องเป็นเหตุการณ์สงครามระหว่างประเทศ เช่น World War I, II, Vietnam War หรือการบาดเจ็บจากกับระเบิด (Landmine) ความรู้จึงไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากแพทย์และบุคลากรมีโอกาสได้พบน้อย แต่ในปัจจุบันจากสถานการณ์ความรุนแรงในประเทศต่างๆ ที่เกิดขึ้นทำให้มีการบาดเจ็บจากระเบิดสูงขึ้นและระเบิดมีอำนาจการทำลายสูงขึ้นทำให้ความรุนแรงของการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสิ่งใหม่ที่ทำให้แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบาดเจ็บจากระเบิด

กลไกการบาดเจ็บเนื่องจากระเบิด (Mechanism of injury by blasting effect)^[1]

ระเบิดสามารถสร้างความเสียหายได้มากเนื่องจากแรงที่เกิดจากการระเบิดมีจำนวนมหาศาล หากคิดถึงเรื่องของแรงจากสมการ $Force = Mass (weight) \times Acceleration$ (ความเร่งไม่ใช้ความเร็ว) แรงของระเบิดที่กระทบวัตถุจะเท่ากับ $Mass \times Deceleration$ และถูกถ่ายทอดให้กับผู้บาดเจ็บซึ่งเป็นตัวแปรตรงที่สร้างความเสียหายให้กับเนื้อเยื่อ แต่ blast injury ยังสามารถสร้างรูปแบบความเสียหายที่แตกต่างกันได้ตาม kinetics ดังต่อไปนี้

- Blunt trauma

- Cavitation การทำลายเนื้อเยื่อเนื่องจากแรงและความร้อนโดยตรง
- Compression - decompression การกดกระแทกอย่างรุนแรง
- Shearing คือการฉีกขาดเนื่องจากเกิดความเร่งที่เนื้อเยื่อ
- Overpressure คือการบีบอัดอย่างแรง ซึ่งเกิดตามหลังการระเบิด (เนื่องจากอากาศวิ่งกลับเข้ามา) ทำให้เกิดแรงอัดในอวัยวะที่มีอากาศหรือน้ำอยู่ (หูชั้นกลาง, ลำไส้ เป็นต้น)

- Penetrating trauma

- Missile and flying objects (FO) คือวัตถุบินซึ่งอาจเป็นเศษโลหะที่ถูกบรรจุไว้ในระเบิดเพื่อเพิ่มความรุนแรงของการบาดเจ็บ (Primary missile) หรือเป็นวัตถุที่ถูกแรงระเบิดผลักทำให้เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้น (Secondary missile) เช่น เศษกระจกที่แตกหรือแท่งปูน เป็นต้น แรงระเบิดจะผลัก FO เข้าสู่ร่างกายพร้อมกับพลังงานที่รับมาจากการระเบิด

- Cavitation ซึ่งเกิดจาก energy exchange ตามสมการ $(mass/2 \times velocity^2)$ ซึ่งในวัตถุที่ถูกอัดบีบจากแรงระเบิดมีการถ่ายทอดพลังงานสู่ร่างกายทำให้เกิดการระเบิดภายในเมื่อวัตถุถูกทำให้หยุดอย่างรวดเร็ว

- Thermal injury เนื่องจากการระเบิดมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาอย่างรวดเร็วจึงสร้างความร้อนเกิดขึ้น

- Light injury ซึ่งเป็นอีกส่วนที่ได้รับความสนใจน้อยจากแพทย์และบุคลากร แสงที่เกิดขึ้นสามารถทำให้เกิด corneal ulcer หรือ retinal injury

Classification of Blast injury^{[2] [3]}

- Primary Blast Injury เกิดจากการแตกตัวของดินปืนเป็น gas (Detonation) พลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและน้ำหนักของดินระเบิด ก๊าซที่เกิดขึ้นมีพลังงานสูงและ



จะดันอากาศที่อยู่รอบๆ ทำให้เกิดความกดดันอากาศ (compression of air) ที่อยู่ต่อจากคลื่นความดันและแรงดันนี้จะเร่งความเร็วอนุภาคของอากาศทำให้เกิดความร้อนและเกิดแรงดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) และอุณหภูมิรอบๆ พุ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งโดยรวมก็คือคลื่นของการระเบิด (blast wave) อากาศที่ถูกผลักออกก็จะวิ่งกลับเข้ามากระแทกทำให้เกิดเป็นคลื่นความกดอากาศ (pressure wave) กลไกการบาดเจ็บก็จะเกิดจาก Shear, Thermal, และ compression ตามกลไกที่ได้แสดงไว้ข้างต้น อวัยวะที่มีน้ำหรืออากาศบรรจุอยู่จะได้รับบาดเจ็บบ่อยที่สุดจากการบาดเจ็บนี้ เช่น ปอด ลำไส้ และหูชั้นกลาง^[4]

● Secondary Blast Injury คือการบาดเจ็บเนื่องจากวัตถุหรือสิ่งของที่แรงระเบิดทำให้เคลื่อนที่ทำอันตรายต่อเหยื่อ โดยมากจะเป็น penetrating injury^[5]

● Tertiary Blast Injury คือการบาดเจ็บจากการที่เหยื่อถูกเหวี่ยงออกเนื่องจากแรงระเบิดแล้วตกหรือกระแทกกับพื้นผิว การบาดเจ็บส่วนใหญ่จะเป็น blunt injury ต่อสมอง, กระดูกสันหลัง หรืออวัยวะในช่องท้อง

● Quaternary Blast Injury (Miscellaneous Blast Injury) คือ

ภัยอันตรายอื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องเนื่องจากการระเบิด เช่น การติดเชื้อ แผลไฟไหม้ การบาดเจ็บจากซากตึกถล่มทับ เป็นต้น

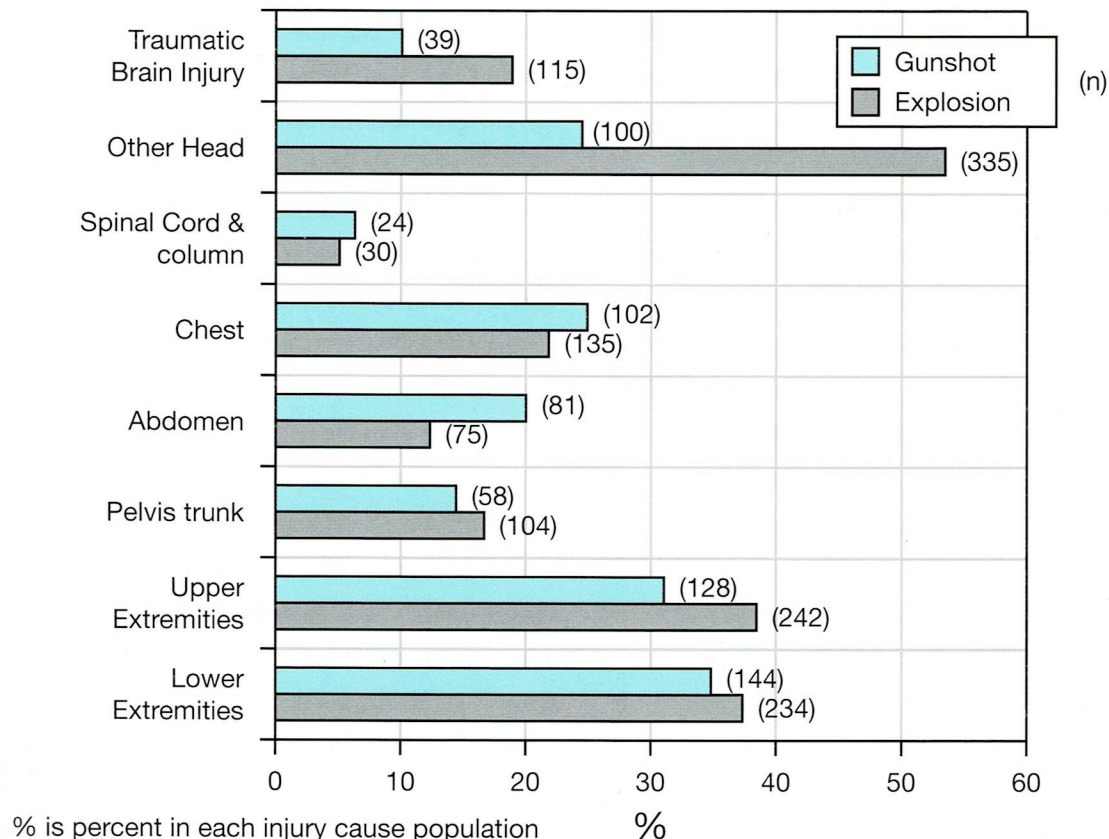
ถึงแม้ว่าการระเบิดจะก่อให้เกิดรูปแบบการบาดเจ็บได้จากหลายกลไก แต่ประมาณครึ่งหนึ่งของ severe injury ก็มักเป็นจาก primary blast injury และเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้แพทย์เวชบำบัดวิกฤตต้องเข้ามามีบทบาทในเรื่องนี้

การบาดเจ็บจากการระเบิดหากเป็นระเบิดที่ใช้ในสงครามก็แตกต่างจากระเบิดในการก่อการร้ายที่เป็นข่าวอยู่ในปัจจุบันเนื่องจากในสงครามความต้องการคือก่อให้เกิดการบาดเจ็บที่รุนแรงเพื่อให้ทหารต้องเสียเวลาและกำลังพลในการปฐมพยาบาลดังนั้นระเบิดจะมี Flying object เป็นกระสุนหรือลูกเหล็ก ต่างจากการก่อการร้ายที่ต้องการสร้างความเสียหายให้กับสถานที่และบุคคลจึงมีความรุนแรงมากกว่า เกิด Secondary blast injury (เนื่องจาก flying object มักเป็นเศษหินและกระจกที่แตกเนื่องจากแรงระเบิดจึงมีขนาดใหญ่กว่าและมี tissue destruction เป็นบริเวณกว้างกว่า) และ Miscellaneous injury เช่น Crush injury หรือ Burn inhalation injury จากไฟไหม้อาคารซึ่งทำให้การบาดเจ็บมีรูปแบบที่ซับซ้อนมากขึ้นจากการศึกษารูปแบบการบาดเจ็บของการก่อการร้ายในอิสราเอล

Blast Injury	Mechanism	Injuries	Diagnostic	Treatment
Primary Blast Injury	Injury from blast wave as it travels through air or water	Pulmonary contusion Hollow-viscous perforation (maybe delayed)	CXR Serial abdominal examination	Pulmonary toilet Ventilatory support Laparotomy as indicated
Secondary Blast Injury	Injury from primary and secondary missile as they are propelled outward by the explosion	Penetrating missile injury Orthopedic injuries	Neurovascular evaluation of involved extremities Directed skeletal radiograph	Fracture stabilization Debridement Tetanus prophylaxis Laparotomy or Thoracotomy as indicated
Tertiary Blast Injury	Injury sustained when the casualty is propelled (displaced) through the air and then impacts onto a relatively fixed object	Closed head injury Cervical spine injury Orthopedic injuries	Cervical spine evaluation CT scan brain as indicated Directed skeletal radiograph	Neurosurgical intervention Fracture stabilization
Miscellaneous Blast Injury	Burn Inhalation Injuries related to structural collapse Contamination	Burns Inhalation injury Crush syndrome Compartment syndrome	CPK level Diagnostic bronchoscopy Tissue culture	Secure airway Fluid resuscitation Burn coverage Antibiotics as indicated Tetanus prophylaxis



Body Region Injured by cause of injury (injuries, not patients)



รูปที่ 1. แสดงถึงส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บเปรียบเทียบระหว่าง Blast injury กับ Gunshot injury^[6]

ดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของผู้บาดเจ็บมีการบาดเจ็บของศีรษะทำให้ในการดูแลผู้ป่วย blast injury จำเป็นต้องมีการ neurosurgeon เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอและทำให้เกิด morbidity ตามมาซึ่งหาก primary physician พลาดไปก็จะทำให้เสียโอกาสในการรักษาอย่างน่าเสียดาย^[6]

Initial Management

เมื่อเกิดเหตุการณ์ระเบิดมักจะมีผู้ได้รับบาดเจ็บมากกว่า 1 คน เสมอ ดังนั้นในช่วงแรกของการดูแลรักษาจำเป็นต้องมีการคัดกรองผู้ป่วย (Triage) เพื่อประเมินสถานการณ์ความรุนแรงและความพร้อมของโรงพยาบาลในการรองรับผู้ป่วยทั้งหมด หากเป็นกรณีของ mass casualty การให้การดูแลผู้ป่วยทั้งหมดจะไม่สามารถกระทำได้จะต้องมีการเรียกความช่วยเหลือจากโรงพยาบาลอื่นหรือแผนกอื่นๆ เข้ามาแบ่งเบาผู้ป่วยที่อาการไม่รุนแรงมากออกไป การใช้แนวคิด “minimal acceptable care” เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในกรณีของ mass casualty^[7] ผู้ป่วยที่บาดเจ็บรุนแรงมากและมีโอกาสเสียชีวิตสูงอาจไม่ได้รับการรักษาที่นั่นเพื่อเก็บทรัพยากรของโรงพยาบาลเอาไว้เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยที่มีโอกาสรอดมากกว่า

ในกรณีการบาดเจ็บจากการระเบิดทั่วไป การประเมินความบาดเจ็บเบื้องต้นเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากมี Missed injury แอบซ่อนอยู่เสมอ ผู้เขียนนิยมใช้การประเมินแบบ Head to Toes เพื่อหารายละเอียดการบาดเจ็บทั้งหมดแต่ทั้งนี้ต้องกระทำหลังจากที่ผู้ป่วยได้รับ initial resuscitation and stabilization เรียบร้อยแล้ว (สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน Primary and Secondary Survey, Advanced Trauma Life Support, 7th edition. American College of Surgeons) ผู้ป่วย blast injury ควรได้รับ cervical spinal protection and stabilization เสมอจนกว่าจะได้รับการตรวจวินิจฉัยยืนยันแน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่มี crush injury ร่วมด้วย ที่สำคัญที่สุดแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ต้องระลึกอยู่เสมอว่า blast injury เป็นการบาดเจ็บรุนแรงซึ่งมีหลายอวัยวะที่ได้รับผลกระทบ (multidimensional injury)^[8] อัตราการตายมักเกิดขึ้นในช่วงหลังและผู้ป่วยต้องใช้เวลานานในโรงพยาบาลดังนั้นแพทย์สหสาขาจึงต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลไม่ใช่มีเพียงศัลยแพทย์เท่านั้น^[9]

การบาดเจ็บที่พบในผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่ไม่ได้รับแรงระเบิดอย่างรุนแรงมักเป็น musculoskeletal injury การห้ามเลือดและ fracture immobilization จึงเป็นสิ่งที่ควรทำทันทีหากผู้ป่วยไม่มี major



injury อื่นๆ เพื่อลด further damage ต่อ neurovascular bundle และจากการศึกษารูปแบบการบาดเจ็บในสงครามและการก่อการร้ายพบว่า flying object มักมีขนาดเล็กซึ่งทำให้สามารถเดินทางไปไกลและทำร้ายเหยื่อได้เป็นจำนวนมาก ผู้ป่วยทุกรายที่อยู่ในเหตุการณ์จึงควรได้รับการตรวจทางรังสีวินิจฉัยเพื่อหาวัตถุโลหะที่อาจฝังอยู่ตามร่างกายเพื่อป้องกันการติดเชื้อในภายหลัง^[10,11]

Specific Injury from Blast effect

1. Blast Lung Injury (BLI) เป็นสาเหตุหลักของการตายช่วงแรกหลังเกิดการระเบิดและเป็นสาเหตุหลักของการตายและความพิการต่อเนื่องจากเหตุระเบิด^[12] BLI เป็น primary blast injury ซึ่งเกิดขึ้นโดยตรงจากคลื่นความอัดอากาศ แรงดันเกิดขึ้นที่ผนังทรวงอกแล้วดันปอดเข้าหา spinal column แรงดันในทรวงอกที่เพิ่มขึ้นนำไปสู่การฉีกขาดของ alveolar septum, airway epithelium, และ alveolar space^[13] เป็นผลให้เกิด alveolar hemorrhage, edema, และ alveovenous fistula เกิดขึ้น^[14] ผู้บาดเจ็บที่มี severe hypoxemia ควรได้รับการสืบค้นหา pneumothorax (ซึ่งมักเป็น 2 ข้างในกรณีของ closed space blast) และ air embolism (หรือกรณีที่มี cardiac หรือ neurological deficit)^[15]

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Blast Lung Injury (BLI)

- size of the bomb
- nature of the explosive
- use of suicide terrorists to deliver the ordinance in crowded
- closed spaces bombing

ลักษณะทางคลินิกของ BLI โดยทั่วไปเหมือนกับ Pulmonary contusion และในบางรายอาจเกิด delayed presentation 12-24 ชั่วโมง ซึ่งเชื่อว่าเป็นจาก oxidation injury^[16]

Classification of PBI^[17]

- Mild: PaO₂/FIO₂ ratio > 200 mm Hg with localized lung infiltrates on chest radiograph, no evidence of bronchopleural fistula
- Moderate: PaO₂/FIO₂ 60-200 mm Hg, bilateral and asymmetric chest infiltrates
- Severe: PaO₂/FIO₂ < 60, massive bilateral infiltrates, bronchopleural fistula present

ในการรักษา BLI เครื่องช่วยหายใจและ general supportive care เป็นหัวใจสำคัญเพราะผู้ป่วยที่เสียชีวิตโดยมากจะเกิดจาก organ failure มากกว่าจาก hypoxia จาก BLI เองควรหลีกเลี่ยงการใช้ positive pressure ventilation เนื่องจากเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อ alveolar rupture และทำให้เกิด massive systemic air emboli^[18] การให้สารน้ำอย่างระมัดระวังจะช่วยให้ hypoxia ไม่รุนแรงมากเกินไป อีกทั้งใน blunt chest injury นี้มักมี cardiac contusion ร่วมอยู่ด้วย ดังนั้น inotropes อาจมีความจำเป็น

2. Intestinal injury แรงระเบิดสามารถก่อให้เกิด contusion ต่อผนังลำไส้ หากพลังงานในการระเบิดมากพอจะทำให้เกิดการฉีกขาดของ mucosa และ transmural tear ได้ แต่ในบางรายอาจเกิดเป็นเพียง contusion แล้วเกิด necrosis ในภายหลังซึ่งไม่ใช่ missed injury^[19] อุบัติการณ์ของ bowel injury โดยทั่วไปมีประมาณ 1% แต่จะเพิ่มขึ้นหากระเบิดมีความรุนแรงสูง ผู้บาดเจ็บอยู่ในระยะประชิดกับระเบิดหรือเกิดการระเบิดใน closed space^[8]

3. Neurological injury เป็นได้จาก concussion หรือ contusion เนื่องจาก secondary หรือ tertiary blast injury แต่ในกรณีของ primary injury สามารถเกิดได้จากทั้ง air embolism (ซึ่งเป็นผลจาก BLI) และจากการทดลองในสัตว์พบว่าพลังงานจากการระเบิดสามารถส่งผ่านไปยังสมองทำให้เกิด diffuse axonal injury ได้^[20]

4. Circulatory collapse เป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากการพบลักษณะเฉพาะตัวของ blast injured patient ที่ประกอบไปด้วย bradycardia, hypotension without peripheral vasoconstriction, และ hypoxemia without signs of external injury ซึ่งในการศึกษาพบว่าอาจเกิดจาก defensive pulmonary reflex ส่งผ่านทาง C-fiber ใน alveoli ทำให้เกิดการกระตุ้นประสาท vagus อย่างไรก็ดีควรคำนึงถึง associated cardiac injury ร่วมด้วยเสมอ หากอาการเหล่านี้มีนานกว่า 2 ชั่วโมงภายหลังการระเบิด^[21] การให้สารน้ำในผู้ป่วย blast injury ควรกระทำด้วยความระมัดระวังและใช้ clinical judgement ประกอบการตัดสินใจเสมอ ไม่ควรเชื่อหรือใช้การวัด CVP (central venous pressure) หรือ PCWP (pulmonary capillary wedge pressure) เพียงอย่างเดียวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ pressure อาจเกิดขึ้นจาก contusion ที่เพิ่มขึ้นตามเวลา (ไม่ว่าจะเป็น cardiac หรือ pulmonary ก็ตาม)

5. Immunosuppression สามารถพบได้ในกรณี severe traumatic injury ทุกชนิด (เหตุการณ์ Tsunami ในประเทศไทยก็พบรูปแบบของ immunosuppression เช่นกัน, personal data and communication) การให้ broad spectrum antibiotic ไม่จำเป็นแต่ต้องคิดถึง invasive fungal infection หาก clinical แปลง

Complication following bomb

• ARDS อาจเกิดจาก pulmonary contusion โดยตรงหรืออาจเกิดจาก multiple organ failure โดยที่ไม่มี pulmonary contusion ร่วมด้วยก็ได้ ในการดูแลเรื่อง ARDS จะไม่ขอกาลาในทันทีเนื่องจากเนื้อที่จำกัด

• Rhabdomyolysis พบได้บ่อยในกรณีที่ เป็น closed space bomb เนื่องจากแรงอัดอากาศร่วมกับการเกิด crush injury ในกรณีที่ผู้บาดเจ็บติดอยู่ในซากตึก

• Wound infection อาจเป็นได้ทั้งในช่วงแรก (acute phase) หรือหลังจากที่ผู้ป่วยออกจาก ICU หรือโรงพยาบาลไปแล้วทั้งนี้มักเกี่ยวข้องกับ retained foreign body เป็นสาเหตุหลัก การให้ยา



ปฏิกิริยาในผู้ป่วยกลุ่มนี้จึงมีความจำเป็นและควรให้ Tetanus prophylaxis ทุกราย นอกจากนี้ควรคำนึงถึงการติดเชื้อ Hepatitis B และ HIV เนื่องจากการสัมผัสเลือดจากผู้บาดเจ็บด้วยตนเองในประเทศอิสราเอลกำหนดให้ผู้บาดเจ็บทุกรายต้องได้รับ HBV Immunoglobulin ทุกรายหากไม่เคยได้รับ vaccination มาก่อน^[22]

● Bowel ischemia เป็น delayed complication ที่เกิดขึ้นได้เสมอและมักไม่ได้รับการวินิจฉัยเนื่องจากผู้ป่วยมีภาวะแทรกซ้อนอื่นร่วมอยู่ด้วยก่อนหน้านี้ เช่น renal failure, compartment syndrome, cardiac contusion เป็นต้น ในกรณีที่ผู้ป่วยอาการแย่ลง มีภาวะ acidosis เพิ่มขึ้นโดยหาสาเหตุอื่นๆ ไม่ได้ผู้เขียนจะคิดถึงภาวะ bowel ischemia เสมอและหากเป็นไปได้ควรทำการสับคั้นจนกว่าจะแยกโรคได้

● Venous Thromboembolism (VTE) พบมากในกรณีที่ มี severe musculoskeletal injury ทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถ ambulate ได้

นอกจากนี้ hypovolemia ร่วมกับการให้ blood transfusion ที่ไม่จำเป็นจะเพิ่ม blood viscosity ทำให้เพิ่มความเสี่ยง

● Post-traumatic stress เกิดขึ้นบ่อยเนื่องจากการระเบิดเป็นเหตุการณ์รุนแรงที่นอกเหนือความคาดหมายผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการประเมินและการติดตามผลหลังจาก physical injury ได้รับการดูแลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว^[23]

สรุป

การบาดเจ็บจากการระเบิดเป็น multidimensional injury ซึ่งต้องอาศัยแพทย์สหสาขาเข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลรักษา นอกจากนี้รูปแบบการบาดเจ็บสามารถมีได้หลากหลายและเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของระเบิด แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ควรให้ความสนใจในข้อมูลข่าวสารใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระเบิดเพื่อปรับใช้กับผู้ป่วยในอนาคต



References:

- McSwain NE Jr. Kinetics of Trauma. In: *Trauma* 4th ed. Mattox KL, Feliciano D, Moore EE, eds. McGraw-Hill 2000; 127 – 151
- Singer P, Cohen J, Stein M. Conventional terrorism and critical care. *Crit Care Med* 2005; 33[Suppl.]:S61-S65
- Trunkey D., Slater M. Management of Battle Casualties. In: *Trauma* 4th ed. Mattox KL, Feliciano D, Moore EE, eds. McGraw-Hill 2000;1211 – 1228
- Mayorga MA: The pathology of primary blast overpressure injury. *Toxicology* 1997; 121: 17–28
- Wightman JH, Gladish SL: Explosions and blast injuries. *Ann Emerg Med* 2001; 37: 664–678
- Peleg K, Daniel L, Stein M. Gunshot and Explosion Injuries - Characteristics, Outcomes, and Implications for Care of Terror-Related Injuries in Israel. *Ann Surg* 2004;239: 311–318
- Stein M, Hirshberg A. Limited mass casualties due to conventional weapons: a daily reality of a level 1 trauma center. In: *Terror and Medicine*, Shemer J, Shoenfeld Y, eds. Berlin: Pabst Science Publishers, 2003;385.
- Kluger Y: Bomb explosions in acts of terrorism—Detonation, wound ballistics, triage and medical concerns. *IMAJ* 2003; 5:235–240
- Kluger Y, Peleg K, Daniel-Aharonson L. The special injury pattern in terrorist bombings. *J Am Coll Surg.* 2004 Dec;199(6):875-9
- Covey DC: Blast and fragment injuries of the musculoskeletal system. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84:1221–1234
- Hare SS, Goddard I, Ward P. The radiological management of bomb blast injury. *Clin Radiol* 2007 Jan;62(1):1-9
- Avidan V, Lerner MR, Armon Y. Blast lung injury: clinical manifestations, treatment, and outcome. *Am J Surg* 2005; 190: 927-31
- Tsokos M, Paulsen F, Petri S, et al: Histologic, immunohistochemical, and ultrastructural findings in human blast lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168:549–555
- Pizov R, Oppenheim-Eden A, Matot I, et al: Blast lung injury from an explosion on a civilian bus. *Chest* 1999; 115:165–172
- Argyros GJ: Management of primary blast injury. *Toxicology* 1997; 21:105–115
- Guy RJ, Kirkman E, Watkins PE, et al: Physiologic responses to primary blast. *J Trauma* 1998; 45:983–987
- Pizov R, Oppenheim-Eden A, Matot I, et al: Blast lung injury from an explosion on a civilian bus. *Chest* 1999; 115:165–172
- Sorkine P, Szold O, Kluger Y, et al: Permissive hypercapnia ventilation in patients with severe pulmonary blast injury. *J Trauma* 1998; 45:35–38
- Paran H, Neufeld D, Shwartz I, et al: Perforation of the terminal ileum induced by blast injury: Delayed diagnosis or delayed perforation. *J Trauma* 1996; 40:472–475
- Cernak I, Wang Z, Jiang J, et al: Ultrastructural and functional characteristics of blast injury-induced neurotrauma. *J Trauma* 2001; 50:695–706
- Irwin RJ, Lerner MR, Bealer JF, et al: Shock after blast wave injury is caused by a vagally mediated reflex. *J Trauma* 1999; 47:105–110
- Braverman I, Wexler D, Oren M. A novel mode of infection with hepatitis B: penetrating bone fragments due to the explosion of a suicide bomber. *Isr Med Assoc J* 2002;4:528–529.
- Hall RCW, Hall RCW, Chapman MJ. Medical and psychiatric casualties caused by conventional and radiological (dirty) bombs. *General Hospital Psychiatry* 2006;28:242-48