

令和3年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
「CBRNEテロリズム等の健康危機事態における対応能力の向上及び人材強化に関わる研究」

（総合）研究報告書

「爆傷に対して有益な防御・救護体制・救急処置開発に関する研究」

研究分担者 齋藤大蔵

（防衛医科大学校・防衛医学研究センター外傷研究部門・教授）

研究要旨

爆発損傷（爆傷）に対する防御および救護体制・救急処置の開発を目的として、国内外の最新の科学的情報を収集し、本邦の爆傷に対する備えの現状を把握するとともに、その問題点を浮き彫りにした。さらに、爆傷基礎研究を行い、中動物に防弾チョッキを装着させると、呼吸停止の発生率を下げ、爆傷に対する救命効果があることを明らかにした。また、胸部全体と延髄を含む脳幹部を護ると爆傷による即死を免れ、爆傷直後の神経学的反射等による血圧低下に対しては、ノルアドレナリンの投与が有効であることがわかった。

A. 研究目的

爆傷に関する有益な防御、救護体制および救命処置に関して文献等を渉猟するとともに、爆傷基礎研究を行い、爆傷の新規防護・治療法に関して救命救護に役立つ提言を行うことを目的とした。

B. 研究方法

（研究1）爆傷医学研究等を行っている国内外の関係者、本邦の法執行機関に所属する関係者等から情報を収集して課題を抽出するとともに、爆傷関連の文献を渉猟し、本邦における爆傷の救護・搬送体制について研究した。

（研究2）防衛医科大学校防衛医学研究センター内に設置したブラストチューブを用いて、駆動圧3.0MPaで鎮痛剤・鎮静剤麻酔下のブタ約40kgを使用し、自衛隊で用いているType2の防弾チョッキの装着が超急性期の救命に繋がるか否かの研究を行った。また、胸部や後上頸部を守る鋼鉄製の防護

具を作成して、その救命効果についても研究した。さらに、麻酔をかけたマウスにレーザー誘起衝撃波（LISW）を曝露する防衛医科大学校の爆傷オリジナルモデル等を用いて、両側胸背部にLISW照射後の致命的モデル等に対するカテコラミンの救命効果について研究した。

（倫理面への配慮）

情報収集に関しては、情報提供者に不利益がないように、情報保守した。

中動物を用いた爆傷基礎研究に関しては、急性期の研究として静脈麻酔をかけたまま研究を終了してエンドポイントを設定せず、防衛医科大学校の動物倫理委員会の承認を各々得た上で実施した。

C. 研究結果

（研究1）米国では爆傷に対する救急救護として、Tactical Emergency Medical Support (TEMS) という規範が10年以上の歴史をもってガイドラインとして存在する。しかしながら、米国と日本では法規や救護

システムが異なるため、米国の TEMS をそのまま日本の爆傷救護として導入することはできない。例えば、TEMS において負傷者の救護処置の場所は通常ウオームゾーンにおかれるが、本邦では総務省消防庁が爆傷・銃創の救護において救急隊はコールドゾーンまでしか近づいてはならないとの指示を出している。したがって、ホットゾーンは警察の特殊部隊に頼るとしても、爆傷で倒れたホットゾーンの負傷者をコールドゾーンまで運んで救護する法執行機関が現状では無いことがわかった。このことは、爆弾テロ発生時における本邦救護システムの大きな問題点といえる

本邦における銃創・爆傷の救護・搬送案を下記に記述する。危険を伴うホットゾーンでは、脅威の排除が最重要で、救護のために更なる負傷者を発生させないようにするのが最も大切である。負傷者を現場から脱出させ、脅威の排除のもとに四肢などの外出血を CAT 等で止血する。ホットゾーンから脱出させた救護所では、迅速に後送救護へと繋ぐ”buy time”の概念に基づき、最低限の応急処置を行って少しでも早く後方の安全な地域へ負傷者を送るのがよい。大量傷者が発生した場合は時間をかけたトリアージの実施よりも、迅速に後送することを優先するべきである。すなわち、多数傷者の発生した爆弾テロ等の現場では被災者を次々と救急車で迅速に後送し、直近の大きな病院を救護所として、必要な救命処置と初期トリアージを行い、そこから分散搬送するのが上策と考える。

(研究 2) 自衛隊で用いている Type2 の防弾チョッキを装着すると、呼吸停止の発生率を下げ、爆発に対する救命効果があることが明らかになった。また、鋼鉄製の防護具を装着して、胸部全体と延髄を含む脳幹

部を護ると呼吸停止が発生せず、爆発による即死を免れる可能性がある。さらに、爆発直後に発生する神経学的反射等による血圧低下に対してノルアドレナリンを投与すると、著しく低下した末梢血管抵抗を改善させて血圧低下を回復させ、生存率を上げることが分かった。

D. 考察

(研究 1) 本邦では東京オリンピック・パラリンピックが終了したものの、大阪万博などのビッグイベントが続く。諸外国における爆弾テロ多発の状況は対岸の火ではなく、わが国においてもテロリズムに対する事態対処救護・医療を身近なものにとらえ、万が一の時の備えを考えていかなければならない。

本邦においては救急車等の参集する現場救護所は、現実的に限りなくコールドゾーンに近いウオームゾーンと設定するしかない。ただ、国内の爆弾テロ対応に対しては事件現場であるホットゾーンから救急車が参集する場所までを担当する救護組織が、警察の特殊部隊以外に決まっていない。国内の大きなイベントに関する武器使用のテロ対策としては、第一線救護で訓練をしている自衛隊を活用するのがベストであると思料する。いずれにせよ、爆弾テロに対する救急救護体制は、多職種連携による切れ目のない救急救護体制が望まれる。

(研究 2) 防衛医科大学校に設置されたプラスチックチューブでは 1 次爆傷(衝撃波損傷)と 3 次爆傷(爆風による鈍的外傷)の複合型損傷を再現性よく発生させることができる。また、閉鎖空間における衝撃波および爆風の曝露によって、開放空間よりも重度の爆傷が生体に生じる。駆動圧 3.0MPa のコントロールのブタの生存率は約 50%であり、

type2 の防弾チョッキを着用させると呼吸停止の発生率が低下して、呼吸停止したブタも自発呼吸が自然に回復して生存率 100%であった。また、胸部と上後頸部を保護した鋼鉄製の防御具装着のブタは、呼吸停止を発生させず全て生存した。以上のことより、胸部と上後頸部の防御が即死を免れるには重要であることが示唆された。

一方、小動物のマウスに LISW を用いて行った研究では、衝撃波の胸部への曝露直後に発生する著しい血圧低下に対して、ノルアドレナリンの直後投与がアドレナリンやドブタミンよりも血圧回復に有効であり、救命率の向上を認めた。ブラストチューブを用いてブタに衝撃波・爆風を曝露させた研究でも、直後に発生した血圧低下に対してノルアドレナリン投与が血圧上昇に有効であったので、爆傷の救命即時治療にノルアドレナリン投与の有用性が示唆される。

E. 結論

(研究1) 国内で爆弾テロが発生した場合に、負傷者をホットゾーンからコールドゾーンまで救急救護する組織が、本邦においては明確でないことがわかった。国内の大きなイベントに関する武器使用のテロ対策としては、第一線救護で訓練をしている自衛隊を活用するのがベストではないか。

(研究2) 防衛医科大学校において爆傷基礎研究を行い、従来の防弾チョッキの救命効果が明らかになり、超急性期に死亡に至らないためには延髄を含めた脳幹部を保護するフルフェイスの防護具の開発が有用と考えられた。また、直後の神経学的なショックに対する救命治療にノルアドレナリン投与の有効性が示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 齋藤大蔵. マスギャザリング時の爆傷症例の初期救護・診察のポイント. 医学のあゆみ. 2019, 269(11), 855-859.
- 2) Hagusawa K, Kinoshita M, Takikawa M, Takeoka S, Saitoh D, Seki S, Sakai H. Combination therapy using fibrinogen γ -chain peptide-coated, ADP-encapsulated liposomes and hemoglobin vesicles for trauma-induced massive hemorrhage in thrombocytopenic rabbits. *Transfusion*. 2019 Oct;59(10):3186-3196. doi: 10.1111/trf.15427. Epub 2019 Jul 1.
- 3) Tomura S, Seno S, Kawauchi S, Miyazaki H, Sato S, Kobayashi Y, Saitoh D. A novel mouse model of mild traumatic brain injury using laser-induced shock waves. *Neurosci Lett*. 2020 Mar 16;721:134827. doi: 10.1016/j.neulet.2020.134827.
- 4) Maekawa T, Uchida T, Nakata-Horiuchi Y, Kobayashi H, Kawauchi S, Kinoshita M, Saitoh D, Sato S. Oral ascorbic acid 2-glucoside prevents coordination disorder induced via laser-induced shock waves in rat brain. *PLoS One* 15: e0230774, 2020.
- 5) Sekine Y, Saitoh D, Yoshimura Y, Fujita M, Araki Y, Kobayashi Y, Kusumi H, Yamagishi S, Suto Y, Tamaki H, Ono Y, Mizukaki T, Nemoto M. Efficacy of Body Armor in Protection Against Blast Injuries Using a Swine Model in a Confined Space with a Blast Tube. *Ann Biomed Eng*. 2021 Oct;49(10):2944-2956. doi:10.1007/s10439-021-02750-x. Epub 2021 Mar 8. PMID: 33686618; PMCID: PMC8510944.

6) Seno S, Tomura S, Miyazaki H, Sato S, Saitoh D. Effects of selective serotonin reuptake inhibitors on depression-like behavior in a laser-induced shock wave model. *Front. Neurol.* 12: 602038, 2021.

2. 学会発表

1) 齋藤大蔵. 事態対処医療と爆傷研究. 第22回兵庫県救急医療フォーラム. テーマ「特殊災害(テロ・CBRNE)について考える」(基調講演), 神戸, 令和元年8月3日.

2) 齋藤大蔵. 第2回 CBRNE テロ・災害医療対策担当者陽性講習会. 爆発物テロ・爆発物災害と医療対応. 東京, 令和元年9月22日.

3) 齋藤大蔵. 第61回全日本病院学会 in 愛知. 救急・防災委員会企画: マスギャザリングと爆発災害. 令和元年9月28日.

4) 齋藤大蔵. 災害時周産期医療研修会. 爆発損傷に対する必要な医療スキルとコンセプトの紹介. (特別講演), さいたま, 令和元年10月27日.

5) Seno S, Tomura S, Miyazaki H, Sato S, Saitoh D. Effects of selective serotonin reuptake inhibitors on depression-like behavior in a mouse model of mild blast traumatic brain injury. The 5th International Forum on Blast Injury Countermeasures (IFBIC 2021) Program. Sep 27-29. Web Conference.

6) Kiri N, Saitoh D, Sekine M, Yamamura K, Fujita M, Tanaka Y. A study of the effectiveness of body armor on blast injury. The 5th International Forum on Blast Injury Countermeasures (IFBIC 2021) Program. Sep27-29. Web Conference.

2. 実用新案登録: なし。

3. その他: なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得: なし