

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」

分担研究報告書

「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

爆傷基礎研究を行い、爆傷の防護・治療法に関する新知見を得た。ブタに対する防衛医科大学校内に設置したブラストチューブを用いた研究、あるいはマウスにレーザー誘起衝撃波を曝露した爆傷モデルを用いた研究の結果等から、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、胸部全体と延髄を含む脳幹部を護ると爆発による即死を免れる可能性が示唆された。さらに、爆発直後の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生存率が上がることが示唆された。

A. 研究目的

防衛省・自衛隊において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。

B. 研究方法

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 照射後の致死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)

中動物を用いた爆傷研究であるが、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得て実施している。

C. 研究結果

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示唆された。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

防衛医科大学校に設置されたブラストチューブでは 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た。

E. 結論

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. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

1) 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.

2) 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) 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.

2) Kiriu 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.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得：なし
2. 実用新案登録：なし。
3. その他：なし