



2022年5月11日，編配於美陸戰隊第2陸戰團第3營之美海軍醫療人員，在日本沖繩反突擊演習中對模擬傷患使用止血帶。(Source: USMC/Micha Pierce)

● 作者/George A. Barbee ● 譯者/黃文啟 ● 審者/黃坤銘

美軍戰略存活率鐵三角

The Strategic Survivability Triad: The Future of Military Medicine in Support of Combat Power

取材/2022年第四季聯合部隊季刊(*Joint Force Quarterly*, 4th Quarter/2022)

本文提出戰略存活率鐵三角構想，希冀整合「初期救治、快速控制不可壓迫性出血與早期輸血管理」等三大醫療概念，提高美軍聯合部隊戰場存活率。

一個人如果只看研究結果而不花時間探究背後哲理，則必然無從瞭解其所鑽研的藝術。

——宮本武藏

未來衝突必定十分複雜且將牽涉多領域環境，因此需要研擬有效保護部隊的解決方案，而答案就在於融合三個既有且截然不同的全般性醫療概念，並將之運用於存活鏈(Chain of Survival)。此舉結合了三大重要醫療概念，因而被命名為「戰略存活率鐵三角」(Strategic Survivability Triad, SST)——包含初期救治、快速控制不可壓迫性出血及早期輸血管理。戰略存活率鐵三角可以提供部隊在未來各種衝突中必要之持久性戰力，以利遂行戰力投射、提高存活率及消弭風險。此外，亦能提供指揮官與決策高層多元選項以達成國家目標。

近期發展的戰略存活率鐵三角概念似乎仍相當粗略，但卻類似結合不同概念或戰力，藉此發揮整合戰力的聯合兵種戰法、聯合軍種作戰或閃擊戰等作為。戰略存活率鐵三角的優點，在於適用所有衝突型態且符合現行醫療實證結果。本文將提供當前及未來軍隊，以及「高強度衝突」與「現代化」等兩大重大戰略議題多項解決方案及適切可行資訊(某些還能立即投入應用)。¹ 透過分析個案報告探討戰略存活率鐵三角的背景、說明某些關鍵要項及提供各項建議。

本文目標讀者包含影響各軍種及聯

合作戰體系的作戰至戰略層級重要領導者與決策者。這些對象包含非醫療與醫療相關人員，以及戰鬥、戰鬥支援與戰鬥勤務支援人員。目的在於將戰略存活率鐵三角融入存活鏈，以消除戰爭迷霧、降低部隊損耗，藉此改善作戰人員存活率，並對戰役行動計畫作為與執行發揮正面影響力，俾利達成各項戰略目標。

背景：戰略作為與意涵

毋庸置疑，戰略存活率鐵三角概念可提升存活率，然執行過程仍面臨數項挑戰。第一，目前仍會扭曲「黃金時間」(Golden Hour)概念或對其過度依賴。² 黃金時間是傷患後送流程中一個好的開始，但軍隊若能善用初期救治及早期後送，更能提升效益。第二，軍隊已瞭解不可壓迫性出血的問題，但欲解決此一問題仍然需要堅持不斷研究、資料蒐集及推動後續發展。目前軍品與訓練方面已有著落，但後續發展與落實執行卻不可避之不談。最後，全面採用早期輸血管理做法相當關鍵。然而，可能有人擔憂輸血相當危險且存在某些風險。但相較於對抗實力相當或近乎相當敵人的兩棲或空降聯合強制進入作戰，輸血行為則相對安全。



各場戰役並非單一面向、依照既定時序粉墨登場，戰場環境涵蓋多面向、多領域，戰況瞬息萬變且涉及各式各樣指揮體系。³ 這個概念相當重要，與存活鏈及軍事醫療應用息息相關，需要附加說明與支持。戰略存活率鐵三角可以縮小各階層戰場醫療差距並彌補「戰術性戰傷照護」(Tactical Combat Casualty Care, TCCC)作為，且能連結「後續傷患照護」(Prolonged Casualty Care)。另外，必須再次強調，若無良好「戰術性戰傷照護」與戰略存活率鐵三角，就不可實施「後續傷患照護」。⁴

戰術性戰傷照護旨在透過結合戰術醫療行為與科技，消弭戰場上不必要傷亡。⁵ 戰略存活率鐵三角可在戰略層面提升存活率，發揮戰力，若搭配現行戰場醫療先進技術可再更上一層樓。

近年，阿富汗與伊拉克衝突的整體死亡率直接

與武器殺傷力成正比，現在卻因戰略存活率鐵三角而有所好轉。雖然仍有四分之一的陣亡人員未能及時挽回性命，⁶ 但許多二十一世紀初期研究顯示，美國當前戰場存活率前所未見，病患後送野戰醫院人數是史上新低。⁷ 如此低的死亡率，與敵人絕大多數實力懸殊有所關聯，阿富汗與伊拉克所用武器殺傷力也是其中原因。採取戰略存活率鐵三角，可以拯救更多生命、保存部隊戰力並提高追求國家目標的戰略決心。

「黃金時間」概念雖然早就為人所知，但一直到阿富汗與伊拉克戰役開戰近十年後才獲得普遍重視。2009年6月，美國國防部長蓋茨(Robert Gates)指示，阿富汗境內軍事行動傷患後送行動，必須在一小時內完成，並將此列為重點要求事項，而這項指示的宗旨是希望達到伊拉克醫療後

後送過程呼吸心跳停止

我從未真正瞭解死亡的最終狀態……直到死神找上我那一刻。¹

某個寒冷夜晚，部隊頂著攝氏零度以下的低溫，針對遙遠目標發動夜間突擊。行動中，一名美軍特戰部隊官兵胸部多處遭受槍擊與破片創傷。² 雙方交火過程中，兩名特戰部隊醫務人員立即對傷口進行治療。雖然無明顯外傷或大量出血，但這名傷患的胸腔已承受嚴重傷害。醫務人員著手處理明顯外傷、進行靜脈注射並輸送一個單位的凍乾血漿(Freeze-Dried Plasma, FDP)。³

醫護人員針對傷患執行進一步檢查及治療胸部傷口，隨後傷患卻呼吸加速，且開始出現呼吸困難狀況。醫務人員當機立斷，認為必須立即進行胸部針刺減壓(Chest Needle Decompression)，連續進行七次醫療處理以緩解兩側氣胸。約五分鐘後，傷患出現意識不清、昏睡及休克症狀。此時，醫務人員注射傳明酸(Tranexamic Acid)與凍乾血漿，以改善傷患精神狀況。⁴ 該名傷患通過崎嶇地形抵達後送地點，醫護人員重新評估，注射袋裝紅血球，將傷患運送到遠征戰術手術單位等候治療。⁵

接收傷患及快速檢查後，再次確認醫務人員所提供的傷患後送訊息，並發現傷患出現極低血壓、呼吸心跳極快等狀況——這些都是重傷症狀。在兩邊胸部插管及胸部傷口失血2,400毫升後，傷患狀況持續惡化，醫務人員立即完成緊急手術各項準備。由於周遭溫度低於冰點，手術必須在預防失溫袋中

送行動的作業效率。⁸ 蓋茨備忘錄朝照顧美軍受傷官兵邁出步伐，並在2009到2014年間拯救359條生命。⁹ 進一步檢視發現，加速送醫救治節奏與後送作業意謂提高存活率。實質醫療數據充分顯示，初期救治可以改善軍民醫療體系傷患治療結果。這些資料值得再次審視，因為其此舉可將過去20年衝突的痛苦醫療教訓轉為己用，且突顯出必須克服的送醫救治時間難題。¹⁰

承平時期效應(或稱華克曲線[Walker Dip])¹¹，是戰爭爆發

初期，醫療能力明顯下滑常見現象，在歷史上不斷重演，會導致初期救護作業成效不彰，隨戰事發展再不斷從谷底回升。¹² 過去許多慘痛的醫療教訓，都在當前或未來衝突中屢見不鮮，人們往往都會遺忘、重蹈覆轍及經歷二次傷害。¹³ 此外，作戰軍事醫療進步緩慢，各項實證數據必須日積月累，才能有本質上的改變，不僅無法肆意類推應用，有時候還得捲土重來。軍事醫療進展緩慢，連帶造成諸多生命損失——這一直是過去50多年來，戰場醫官首要關切事項，

也讓他們深感挫折。¹⁴ 在過去20年的衝突中，美軍醫療體系在戰場拯救生命方面的最大突破，就是軍品推陳出新——止血帶與全血投入實務應用。諷刺的是，近年來才被重新「出土」的止血帶和全血，其實已分別有長達400年與100年之歷史。¹⁵

分析2001至2017年戰傷照護資料顯示，阿富汗與伊拉克衝突中，兩地死亡率(戰場整體傷亡率的衡量標準)分別從20%與20.4%，降至8.6%與10.1%(印證承平時期效應)。¹⁶ 此外，數據顯示，止血帶、輸血及快速傷患

進行，而手術開始時，傷患發生創傷心跳中止情況。醫師快速切開胸部傷口，確認左胸中槍位置後予以夾緊，心臟雖無受損，但無血液流動，遂快速輸血並按摩心臟。七分鐘後，傷患心跳恢復，恢復送血功能。⁶ 目前，這名傷患正在攻讀創傷外科醫師學位，希望「對幾年前救回自己生命的貴人有所回饋」。⁷

1. Ramin Khalili, "Opening Remarks Deliver Purpose, Emotional Power at 2019 MHSRS," *Army Medicine*, available at <https://www.army.mil/article/226069/opening_remarks_deliver_purpose_emotional_power_at_2019_mhsrs>; Robert Walker, "Ranger Medic Remarkable Save," video, 2:16, available at <https://www.youtube.com/watch?v=3yGOXV1k_r0>.
2. 2020年10月15日，筆者親自訪談麻省總醫院創傷中心創傷及急救外科醫師金恩(David R. King)上校內容。
3. Myles R. McKenzie et al., "A Case of Prehospital Traumatic Arrest in a U.S. Special Operations Soldier: Care from Point of Injury to Full Recovery," *Journal of Special Operations Medicine* 16, no. 3 (2016), 93.
4. 傳明酸是一種大量失血止血藥物。受傷三小時內，及早注射傳明酸，可以讓失血創傷病患降低死亡風險。CRASH-2 collaborators et al., "The Importance of Early Treatment with Tranexamic Acid in Bleeding Trauma Patients: An Exploratory Analysis of the CRASH-2 Randomised Controlled Trial," *The Lancet* 377, no. 9771 (March 26, 2011), 1096–1101.
5. McKenzie et al., "A Case of Prehospital Traumatic Arrest in a U.S. Special Operations Soldier," 94.
6. Ibid., 95.
7. Khalili, "Opening Remarks Deliver Purpose, Emotional Power at 2019 MHSRS."



後送使得死傷率下降44.2%。¹⁷也就是說，欲改善存活率，就必須採用戰略存活率鐵三角，並將其深植於聯合部隊。戰略存活率鐵三角是聯合部隊未來奮鬥方向，整個美軍部隊都要全心投入，解決各項窒礙，以及要求所屬貫徹執行。聯合創傷系統(Joint Trauma System，正式名稱為「國防部創傷卓越中心」[Department of Defense Center of Excellence for Trauma])就是最佳體現，也為美軍所有部隊與軍事健保體系解決這個問題。¹⁸

2021年8月26日，美軍在喀布爾卡賽國際機場遭受攻擊，整起事件發人深省，卻也再次印證戰略存活率鐵三角為何如此重要，對聯合部隊戰力保存會帶來何種影響。目前，醫療兵力的分配有利於戰略存活率鐵三角的靜態運用。如果沒有那麼多醫療人員、機構及資源投入戰略存活率鐵三角，必定得流更多血、損失更多金錢。¹⁹

作戰醫療個案報告分析

初期救治案例分析。戰略存活率鐵三角三大概念之一，是



2019年2月20日，美阿拉斯加國民兵第104團第2通用支援航空營G連第2分遣隊官兵與美阿拉斯加陸軍第25步兵師第4空降步兵旅級戰鬥部隊第40空降騎兵團第1中隊傘兵，在阿拉斯加艾爾門道夫·李查遜聯合基地(Joint Base Elmendorf-Richardson)突擊兵著陸區醫療後送及吊掛熟訓中，執行醫療後送程序演練。(Source: US Army National Guard/Balinda O'Neal Dresel)

在受傷幾分鐘內給予早期戰場醫療處理。初期救治可界定為初步治療、快速後送至高階醫療場所，或在情況必要時同時執行這些行動。諸多過往醫療例證顯示，多數受創傷患因初步治療與快速後送得當而脫離險境。例如，1982年針對傷患野戰穩定作為及其對穿刺性心臟傷害病人死亡率影響的研究顯示，若能縮短後送時間，傷患存

活率可高達80%。²⁰這份研究雖然只是小規模民間作為，卻讓人更深入瞭解送醫時間與死亡率之關係，尤其是針對穿刺性心臟傷害。

進一步檢視過往11年民間全國創傷系統數據顯示，若能在23分鐘內接受救治，九成五的外科手術創傷病患術後恢復狀況較佳。²¹此外，傷患在穿刺傷後19分鐘內救治，存活率最高，

而前述穿刺傷即為戰傷普遍狀況。²² 若創傷救治時間拖延到59分鐘，穿刺性創傷拖延到39分鐘，則死亡率將高達50%。²³

另一項針對2003至2010年伊拉克戰傷數據的研究推論，較好的傷患救治結果是因為送醫前緊急處理與救護人員專業程度較佳，以及快速後送。²⁴ 2018年，約翰霍普金斯大學醫學院評估232萬9,446份就醫紀錄(其中10萬3,029份用於分析)，比較以救護車與私人車輛運送穿刺性創傷傷患的存活時間。研究

人員比較超過298個城市創傷醫療中心的數據後發現，私人車輛運送傷患的存活率高於救護車。這項研究是「隨接即送」(Scoop and Run)²⁵ 系統的真實驗證，²⁶ 而最終研究結果顯示，穿刺傷患者若以私人車輛送醫，存活率遠高於救護車後送傷患。也就是說，縮短傷患後送時間——戰略存活率鐵三角的核心——等同提高存活率。這個表面上直截了當的問題——送醫時間——雖然被當成戰術議題，但實際上卻有影響聯合部隊的

戰略影響力。戰爭迷霧與作業延宕會導致錯失就醫「黃金時間」，也會干擾靜脈注射、醫療後送或接送傷患等簡單動作。若不事先預演與演練，都可能延宕醫療照護。

任何創傷醫療系統的核心要件都以延續整體醫療照護為核心。很明確地，嚴重受創傷患及早獲得醫療救治與及時後送，是救命的必要條件。這項原則的關鍵，在於傷患必須透過急救維持生命跡象，才能獲得初步救治、主動醫療處理與及時後送，而美軍必須同心協力方可達成前述目標。值得一提的是，87%的美軍都在送醫前身亡。更重要的是，前述死亡個案中，有24%都有機會存活。²⁷ 2019年公布，檢視2001至2017年阿富汗與伊拉克戰傷數據的研究報告顯示，傷患在60分鐘內送醫可提高7.5%存活率。換個角度看，及早送醫可以挽回275條人命(相當於一個營三分之一的火力)。搭配止血帶運用等簡單救治方法(降低12.9%死亡率)，傷患存活人數可增加749人(相當於一整個營的戰力)。²⁸ 如前所述，一個運送良好的創



2022年3月3日，美陸戰隊第3陸戰師第3偵察營官兵在日本沖繩金武藍色海灘(Kin Blue)傷患後送訓練中，模擬將傷患送上陸戰隊第369輕型攻擊直升機中隊的UH-1Y「猛毒」(Venom)通用直升機。(Source: USMC/Jerry Edlin)



傷醫療系統，應包含一連串醫護作為、送醫前急救、高效通信、快速創傷分類、後送，以及最後的復健。²⁹ 提升創傷病患存活率，必須精進送醫前緊急處置與縮短術前後送時間，如此雙管齊下才能達成前述目標。

不可壓迫性出血案例分析。 戰略存活率鐵三角另一個概念是出血控制，即不可壓迫性出血處理(Noncompressible Hemorrhage, NCH)。³⁰ 遺憾的是，不可壓迫性出血處理仍是當前戰場死亡主因。³¹ 威脅生命的出血分秒必爭，而創傷管理則是壓

力與物理問題。³² 出血可區分為可壓迫性或不可壓迫性。可壓迫性出血「可透過止血帶加壓」(Tourniquet-able)，或直接壓迫出血部位予以控制，而不可壓迫性出血則非止血帶所能處理，且亦無法對患部直接加壓。在越戰、阿富汗及伊拉克衝突中，出血分別造成44%死亡與42%至55%戰傷。³³

數世紀以來，戰場上常用止血帶針對可壓迫性出血患部進行加壓。戰場上首次使用止血帶是1674年法荷戰爭的「貝桑松圍城戰」(Siege of Besançon)，用

於手術前止血。³⁴ 美軍從南北戰爭到越戰期間都曾使用止血帶。儘管戰場上使用止血帶的案例比比皆是，但據說使用止血帶可能導致患部截肢且弊大於利。³⁵ 「突擊兵特遣部隊」(Task Force Ranger)在索馬利亞維和行動的經驗，再次興起士兵使用止血帶，因為其能快速止血。³⁶ 雖然表面上似乎不合時宜，但使用止血帶快速止血、拯救生命的案例在軍事史上屢見不鮮，近年阿富汗與伊拉克衝突中也可見一斑。

不可壓迫性出血(無法透過

飛行過程進行主動脈復甦性血管球囊閉合術

由於頸動脈失去脈搏而決定中止輸血。¹

一支小型、編組彈性且具高度機動性的遠征手術小組遭遇難題。² 在前進部署、支援偏遠地區戰鬥行動時，這個小組收到重傷傷患通知，隨即搭乘旋翼機，在傷患受傷後27分鐘內抵達現場，並在飛行過程著手進行傷害管控復甦術(Damage Control Resuscitation)。檢查過程中，醫療小組發現這名傷患曾在現場做過環甲膜切開術(Cricothyrotomy)、頸動脈脈搏急促且微弱、超音波檢查發現心臟活動下降。³ 該小組發現患者右臉頰有穿入傷口，右後顱窩(Posterior)骨有穿出傷口。傷患失去生命跡象，醫療小組確認建立患者呼吸道順暢後，隨即開始進行心肺復甦術。⁴

施打心臟藥物、輸送幾袋紅血球與低滴度O型全血(Low Titer O Whole Blood, LTOWB)後，傷患恢復心跳及自發性血液循環(Return of Spontaneous Circulation, ROSC)。傷患再次失去心跳，醫療小組開始進行積極性復甦措施。後來，傷患再次恢復自發性血液循環，該小組藉由超音波指引，在旋翼機上照明不足環境下，對著傷患左大腿股動脈，植入主動脈復甦性血管球囊閉合術(Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta, REBOA)⁵ 導管。⁶

止血帶加壓止血)一直是軍隊多年來的挑戰，但卻到過去10年才被正視。2010年某篇強調降低戰傷死亡建議的文章，提到必須解決不可壓迫性出血的問題，以避免官兵在送醫前急救過程中就不幸死亡。³⁷ 2012年，一篇研究檢視2001至2011年阿富汗與伊拉克戰場創傷數據的重量級文章指陳，多數戰傷患者(高達87.3%)都是於送醫前的急救過程中死亡。進一步推算前述數據顯示，75.7%傷患原就無法救活，但其中24.3%仍有機會存活，³⁸ 而出血則是後者主

要死因。其中，13.5%的出血患者可用止血帶加壓止血，其餘86.5%則不屬於此類。³⁹ 另一項研究更深入檢視2001至2012年1萬5,209名美國戰傷人員後，發現不可壓迫性出血是導致戰傷人員死亡的重大原因，因此建議研擬送醫前急救方案。⁴⁰

不可壓迫性出血問題也令民間創傷臨床醫學人員傷透腦筋。在美國民間醫療實務上，外傷是1到44歲年齡層患者的主要死因，而不可壓迫性出血的死亡率僅次於頭部受傷。⁴¹ 民間針對不可壓迫性出血的第

一份研究在2013年完成。該研究審視「美國國家創傷數據銀行」(U.S. National Trauma Data Bank)過往三年創傷數據，顯示44.6%的死因都與不可壓迫性出血有關，⁴² 這也顯示當前不可壓迫性出血控制做法存在明顯缺陷，而這個問題在過往戰史中揮之不去。藉由瞭解戰場死亡率與民間創傷案例，以及不可壓迫性出血對存活率的影響，軍醫體系可以開始瞭解戰略存活率鐵三角的迫切需求。

早期輸血管理案例分析。戰略存活率鐵三角最後一個環節

現行「聯合創傷系統診治行為指引」(Joint Trauma System Clinical Practice Guidelines)述明，主動脈復甦性血管球囊閉合術係用於穿刺性腹部、骨盆或心室傷害導致低血壓(收縮壓低於90)，或者是創傷性心跳停止的傷患。⁷ 就此個案而言，主動脈復甦性血管球囊閉合術係用於改善因為失血休克導致血液流動不穩的症狀，希望能以維持充足的腦部灌注，但目前仍不屬於標準做法。重點在於訓練精良的醫療小組，可以在艱難、多變且極端條件下實施此項困難手術(或其他拯救生命的醫療行為)，以拯救官兵生命。

1. Shaun R. Brown et al., "Successful Placement of REBOA in a Rotary Wing Platform Within a Combat Theater: Novel Indication for Partial Aortic Occlusion," *Journal of Special Operations Medicine* 20, no. 1 (2020), 34.
2. 2020年10月16日，筆者與美陸軍醫官布朗(Shaun Brown)中校訪談內容。
3. 環甲膜切開術是患者病危時執行的呼吸道開放手術，切開皮膚與環甲膜。
4. Brown et al., "Successful Placement of REBOA in a Rotary Wing Platform Within a Combat Theater," 34.
5. 主動脈復甦性血管球囊閉合術是以附充氣球的導管植入股動脈，阻隔大血管以達到暫時性止血之目的。
6. Ibid.
7. Joint Trauma System (JTS) Clinical Practice Guidelines ID 38, *Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) for Hemorrhagic Shock* (Washington, DC: JTS, March 31, 2020)



是早期輸血管理，最好能使用全血(Whole Blood, WB)。⁴³ 血液和血液製品(特別是全血)⁴⁴ 是戰傷救治、急救，以及損傷控制復甦與手術(Damage Control Resuscitation and Surgery, DCRS)之關鍵。⁴⁵ 這些包含全血在內的血液製品，都是戰傷救治的重要保命項目，可以提升戰場存活率，且能快速轉換為走動式血庫(Walking Blood Bank, WBB)。⁴⁶ 全血從第一次世界大戰到越戰都曾於戰鬥中使用。⁴⁷ 1967年3月至1969年6月，越南共有大約36萬4,900次輸血紀錄，其中只有38次重大排斥事件(機率為1/9,600)，充分顯現全血輸血極其安全。⁴⁸ 近年戰場數據顯示，負傷數分鐘內若能進行送醫前輸血，相較延遲輸血或未輸血，可以提高傷後24小時與30天內的存活率。⁴⁹ 另一項針對2001至2017年阿富汗與伊拉克戰傷救治數據研究顯示，早期輸血管理讓873人免於死亡，等

同於避免23.8%的不必要死亡。⁵⁰ 這些當代發現都支持戰傷救治環境的送醫前輸血可以提高存活率。

運用全血很明顯是戰傷救治、民間創傷，以及損傷控制復甦與手術等工作的救命成果。⁵¹ 同時，新鮮全血可以從一群已知身分的捐贈者身上取得，可以立即輸血(在極端條件下就在受傷地點或附近)，或在24小時內視需要使用。2020年公布一份研究，檢視2016至2019年15次於受傷地點成功灌注冷藏低滴度O型全血個案相關數據，⁵² 該研究認為此舉極為可行。⁵³ 全血捐贈者可以在抽血同時接受檢驗，血庫可保存35日，或視需要運送至指定地點，以優化全血供應網。手術運用方面，最簡單且最安全的方法，就是對一群低滴度O型全血捐贈者(約占總人口21%)進行檢測，並建立走動式血庫以降低缺血情況。全血對創傷復

現地進行全血輸血 Whole Blood at Point of Injury

新穎與極端技巧涵蓋偏遠前方地區「弟兄相互輸血」。¹

一名33歲現役突擊兵在阿富汗偏遠地點戰鬥行動中，遭應急爆炸裝置(Improvised Explosive Device, IED)攻擊，導致嚴重右側複合爆裂傷、² 重大軟組織創傷、肺部與腹部大部位受損，以及大量失血。在夜色與火力掩護下，醫務人員立即穩定該員狀況，數分鐘內綁上止血帶、骨盆固定器、處理致命肺部創傷、進行靜脈注射及施打傳明酸。這名突擊隊員注射四個單位的冷藏全血(Cold-Stored Whole Blood, CSWB)後，單位啟動突擊兵群體O型低滴度血走動式血庫。³ 雖然身處激烈戰鬥，仍然於現地先行確認與篩檢⁴官兵身上取得的三個單位新鮮全血(Fresh Whole Blood, FWB)。⁵

現場注射二個單位新鮮全血，飛機後送前往待命治療的前進復甦與手術分遣隊(Forward Resuscitative Surgical Detachment)途中，再行注射另一單位新鮮全血。⁶ 接續數日，這名突擊兵接受冗長復甦與手術治療。在傷後第三日，傷患在葉克膜(Extracorporeal Membrane Oxygenation)小組的救治與護送下，抵達聖安東尼奧美軍醫學中心。⁷

甦大有助益，且可轉換為走動式血庫，改善戰場存活率。

空中醫療後送與後勤作業在未來戰場上必然面臨挑戰，尤其在大規模戰鬥行動中更是如此。血液與血製品補給都是依賴定翼機與旋翼機共同執行，但旋翼機從未投入對抗實力匹敵或逼近美軍水準對手的衝突當中。⁵⁴ 敵人與作戰環境所構成之威脅與挑戰，證明在受傷現場或就近進行全血輸血，對目前及未來戰傷處理相當關鍵。

美國在崎嶇地形或窒礙難行之戰場環境執行補給的能力已

然萎縮。⁵⁵ 當前血液治療必須在戰場上取得、儲存、運送、配發、解凍及注射血液，執行過程中所需低溫條件與後勤負荷，都將成為聯合部隊的重大挑戰。根據目前與未來作戰環境，醫務人員必須靈活運用醫療方式，延長戰傷人員壽命，而解決之道，就是要強化聯合部隊在戰傷救治與後續傷患照護過程中，血液補給等相關後勤作業能力之不足。⁵⁶

小結。影響傷患最終生死的變數包含武器效能、傷患數量、天候、地理、照明、國家與戰略層級消弭風險之目的、敵方編

組、部署、戰力與能量。⁵⁷ 值得一提的是，戰場上最好的醫藥就是火力優勢。然而，運用戰略存活率鐵三角精進存活鏈，可在聯合部隊全般優勢受到挑戰時，改善戰傷人員的最終命運。當前，我們手握大量戰傷數據，若能整合運用聯合創傷系統過往歷史資料，必能對美軍產生莫大助益。

置重點於生理、認知與精神等人本領域，是執行戰略存活率鐵三角與提升聯合部隊存活率的關鍵。特別強調，上述探討事項與圖1所列內容皆以人為本，而非以軍品為本。在引進全新

1. Clayton J. Lewis et al., "Fresh Whole Blood Collection and Transfusion at Point of Injury, Prolonged Permissive Hypotension, and Intermittent REBOA," *Journal of Special Operations Medicine* 20, no. 2 (Summer 2020), 125. 2.
2. 2020年8月26日與10月15日，筆者與第75突擊兵團團醫官奈特(Ryan Knight)中校訪談內容。
3. 走動式血庫是一群事先確認和通過篩檢的捐血者，在極端狀況下進行緊急捐血作業。
4. 新鮮全血是緊急情況下自走動式血庫所蒐集的全血。Joint Trauma System (JTS) Clinical Practice Guidelines (CPG) ID 21, Whole Blood Transfusion (Washington, DC: JTS, 2018).
5. JTS CPG ID 21, Whole Blood Transfusion, 123.
6. 前進復甦與手術分遣隊為專責提供偏遠地區傷害管控復甦及傷害控制手術的軍事醫療單位，試圖穩定傷患，以利醫療後送到更高層級醫療救治單位。Army Techniques Publication 4-02.25, *The Medical Detachment, Forward Resuscitative and Surgical* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, December 2020), 1-1.
7. Lewis, "Fresh Whole Blood Collection and Transfusion at Point of Injury, Prolonged Permissive Hypotension, and Intermittent REBOA," 124; Lucas Tomlinson, "'Almost Impossible Mission': The 8,000-Mile Nonstop Flight to Save a U.S. Soldier's Life," *Fox News*, available at <<https://www.foxnews.com/us/almost-impossible-mission-the-8000-mile-non-stop-flight-to-save-a-us-soldiers-life>>; Oriana Pawlyk, "'They Weren't Gonna Stop': Inside the 8,000-Mile Race to Save a Wounded Soldier's Life," *Military News*, available at <<https://www.military.com/dailynews/2019/09/28/they-werent-gonna-stop-inside-8000-mile-race-save-wounded-soldiers-life.html>>.

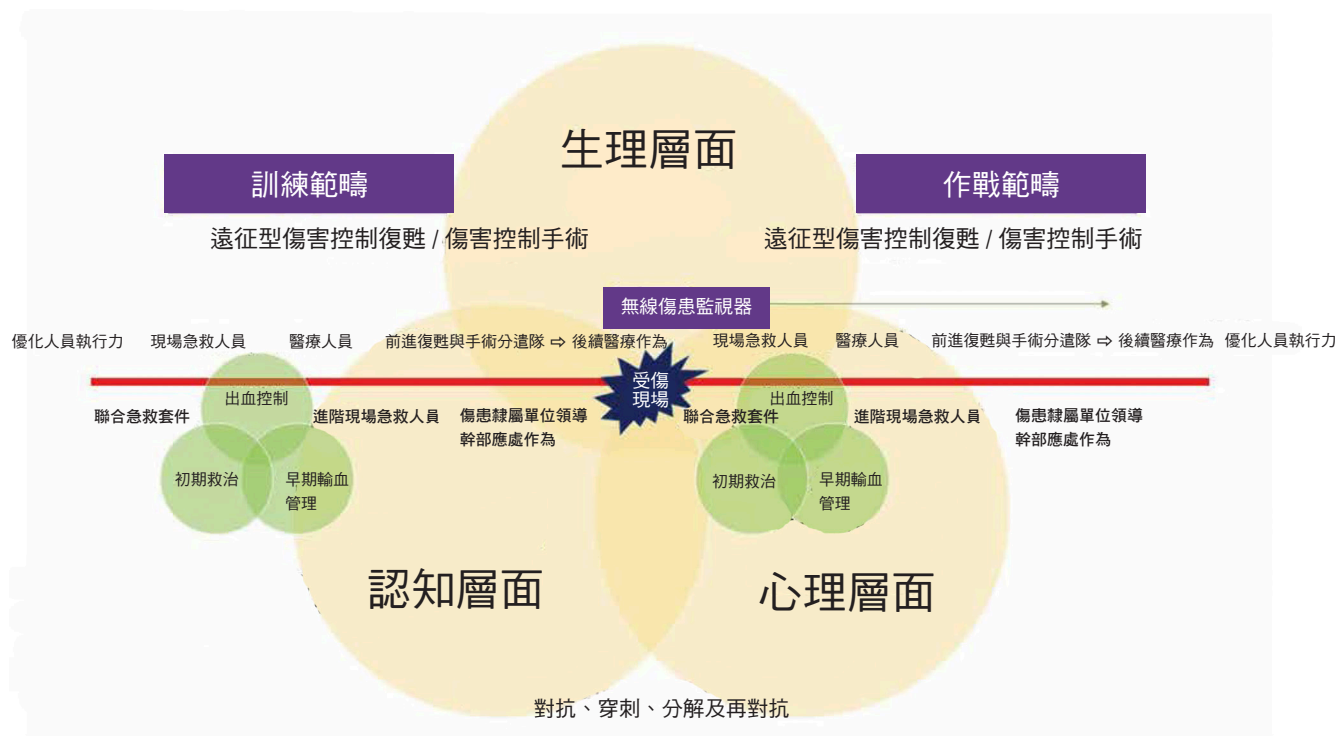


圖 1：全方位戰傷照護

治療規範後，人們仍必須協助訓練、接受訓練、實施必要救治，並適時適地、盡力拯救生命。在前述基礎上，擘劃四項行動主軸，為聯合部隊建立隨時備便且快速反應兵力：優化人員執行力、消弭戰場非必要死亡、培養醫療幹部，以及增進部隊健康。美軍必須充分利用機會，改善戰場醫療照護，並靈活變通尋求解決方案。

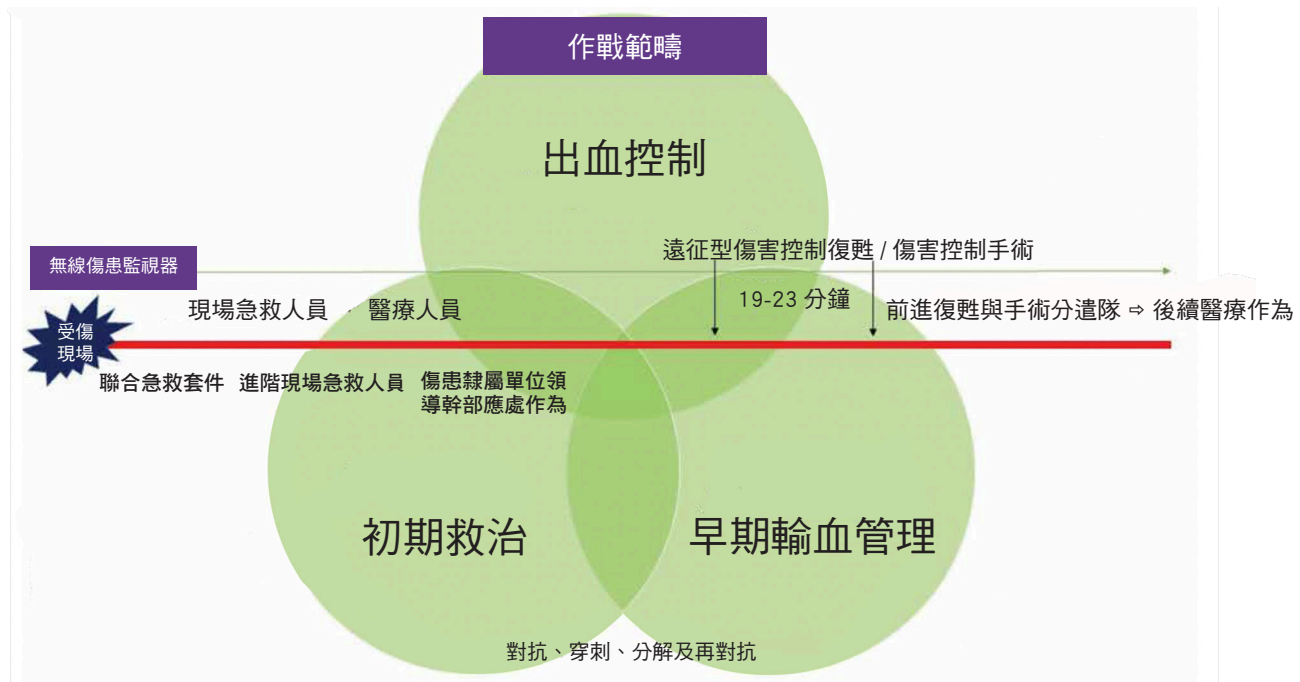
執行戰略存活率鐵三角之目的，在於提醒官兵瞭解問題性質、確認當前不足及研擬周密解決方案。在此，人們可選擇成為熱誠推動者或烈士，而熱誠推動者正是提升聯合部隊存活率的關鍵人物。戰略存活率鐵三角與戰術性戰傷照護的構成要件一致，包含預防傷害(提升認知、生理及心理層面素質)、降低傷害程度(透過應變訓練和個人

防護裝備)，以及優化戰傷照護(透過滴水不漏地執行戰術性戰傷照護)。⁵⁸ 以下建議事項可供美軍作為改善聯合部隊存活率的執行框架，區分近程(未來二年)、中程(未來三至五年)及遠程(五年以上)等三個進程。

建議事項

初期救治

所有軍事行動都存在風險，藉由醫療設計消弭任務、部隊及指揮所面臨之風險，是計畫作為之必要條件。初期救治或後送並非臨時起意，必須先期周密規劃、訓練及整備。遺憾的是，某些醫療人員(包含醫療從業人員與計畫人員)會將醫療整備與衛生照護一分為二，造成人員混淆、自掃



一支多功能旅級地面部隊在能見度不佳時與敵軍遭遇。接敵初期，這支地面部隊多人負傷。現場急救人員立即針對外傷進行止血，每個班編配的進階現場急救人員也協助止血、施予靜脈注射及加強傷患保暖。不久之後，醫務人員抵達現場、評估當下情況，並在傷患身上掛上無線傷患監控器，而前述裝置與醫療人員智慧型裝置連結後，即可即時回饋傷患症狀與預測病情，並同步回傳給地面部隊指揮官與聯合部隊指揮部。此外，前述訊息也會通報後續醫療作為相關單位，特別是醫療快打小組。聯合作戰幕僚也會接獲通報，藉此整合全球戰力，並預判血庫存量，確保後勤與運輸需求能同步滿足地面部隊作戰需求。此時，該地面部隊發起反擊，啟動傷患處置計畫，同時進行跨領域整合，不斷提升部隊殺傷力、防護力與戰場存活率，進而打擊、削弱及消滅敵軍。數分鐘內，醫療人員與進階現場急救人員已控制住出血、對重傷者進行輸血及完成後送準備，而醫療快打小組則搭乘不知名載臺前往現場，預計在 20 分鐘內抵達，接手後續救治與後送作業。透過無線監控裝置，後續醫療作為相關單位、美國境內醫療處所及聯合創傷系統也可即時掌握情況，協助傷患救治，預判後續處置與運送需求，不斷精進醫療作為。

圖 2：戰略存活率鐵三角行動概念

門前雪，其實兩者是缺一不可。

近程。將戰略存活率鐵三角基本要件與既有組織架構結合。推廣戰術性戰傷照護，使其成為聯合部隊訓練與運用項目。確保基層單位傷患處置系統獲得戰術與野戰層級認證，並落實執行各項演練。這套處置系統應律定非醫療人員、醫療人員、幹部及傷患運送標準，同時應涵蓋單一或眾多傷患處置行動。⁵⁹ 軍醫人員須接受最嚴格訓

練，具備絕佳能力。這項訓練基本原則，是讓人員可在短時間內將一名有生命跡象、體溫正常及非出血性創傷患者送至手術地點，並藉定期訓練維持此項技能。⁶⁰ 持續掌握消弭戰場非必要死亡與戰傷救治相關統計數據。

中程。維持「美國外科醫師學院」(American College of Surgeons)與軍醫體系雙邊戰略夥伴關係(配合「國防健康局」[Defense Health Agency]



2022年5月5日，編配美陸戰隊第1師的海軍醫務人員，參加加州彭德爾頓營(Camp Pendleton)「女武神輸血計畫」(Valkyrie Transfusion Program)，並在遠征醫療整合課程教官督導下，實施緊急輸血作業。

(Source: USMC/Dana Beesley)

共同執行)，進一步強化軍民關係，建立長期重要戰技訓練平臺。此舉可培養傷患照護優質文化，擴大軍民醫療合作範疇，並妥善運用學習型組織各種運作規範。此外，持續促進、強化及培養負責機動遠征傷害控制復甦與手術作業的醫療快打小組，以遂行多元救治任務，靈活運用各項技能，將醫療能量最

佳化，彌補準則內容不足之處。

⁶¹ 此外，前述小組亦可協助作戰與戰略層級後送作為，在後送過程中執行機動或遠征性傷害控制復甦與手術。醫療快打小組也可配合接敵、抵抗及增兵等部隊行動，支援兵力調度、強化多領域編組部隊，以及整合時間、空間及聯合部隊作為，發揮全方位戰力。研發通用簡

易自主性傷患追蹤裝置，以在後續醫療作為期間持續追蹤傷患狀況，掌握患者生命跡象並提供病情預判，但又不曾因此增加各層級救治人員負荷。無人機傷患後送可強化傷患運輸，「快速投放」(Speedball)醫療與非醫療人員作業流程，擴大後勤支援範圍。⁶² 另外，透過人工智慧/機器學習協助進行預測性分

析，優化初步醫療救治作為，並在必要時支援後續醫療照護。

遠程。發展具診斷與治療功能之半自主或全自主裝置。目前軍事醫療市場充斥各式診斷裝置，但未來戰場環境快速變化，迫切需要可救人一命的裝置。這和目前「自動體外心臟去顫器」(Automatic External Defibrillator)並無不同，操作人員只需完成基本訓練，就算毫無經驗也能拯救生命。直接的例證就是可以偵測胸部創傷，並同時提供必要救治流程的超音波裝置。此外，考量使用葉克膜或其他各種前線復甦與手術作為，以救治原本認定無法急救患者，這些傷患占後送軍事治療設施前幾分鐘到幾小時內重症死亡個案的52.1%。⁶³

不可壓迫性出血控制

由國家層級與聯合部隊，甚或可能由聯合創傷系統主導，積極主動尋找不可壓迫性出血解決方案。如前文所述，不可壓迫性出血是軍民創傷外科醫師的燙手山芋，這代表雙方可以同心協力，研擬解決方案。或許需要從一個全新視角，跳脫過往框架，重新審視長期問題。

近程。確保所有醫療人員在處理不可壓迫性出血時，都配備合格體外壓迫裝置，且完成適切訓練。⁶⁴ 接著，儘可能讓基層單位，以最安全方式運用「主動脈復甦性血管球囊閉合術」。⁶⁵ 不過，運用此種能力當然有某些限制，必須透過客觀評估，衡量手術風險與效益。針對初步鑑別、問題辨識及止血帶(Bleeding Control Bundle)使用施予簡易訓練，⁶⁶ 即可降低三成死亡率，⁶⁷ 而前述初步處置作為涵蓋或見諸於非侵入性、最小侵入性

及侵入性治療程序。確保從事傷害控制復甦及手術的醫療人員，能夠施行「主動脈復甦性血管球囊閉合術」，以及高收治量/重症醫療中心醫療人員在從事醫療行為與執行手術時，可以提供這些救治措施。

中程。置重點於不可壓迫性出血管控作為。跳脫醫療框架，試圖尋找與思考可控制出血的科學計畫與解決方案，以及精簡研發程序。目前，歷經八年以上研究，不可壓迫性出血解決方案將發展出改善關鍵凝血功能的輔助療法。

遠程。投資控制出血的奈米科技、奈米纖維及組織標靶療法(Tissue-Targeted Therapy)。⁶⁸ 針對軍民戰傷照護研究給予誘因並律定研究要點，轉用少量不具投資價值之重複性計畫資金，優先推廣先導性研究，支持隱含變數但前景可期的多階段研究項目。

早期輸血管理

證據顯示，全血是創傷人員輸血的最佳選擇。部分人員拘泥既有成見，導致全血無法普及，恐無法及時拯救更多性命。確保聯合創傷系統獲得必要人力與資源，研擬創新解決方案，並與民間夥伴攜手合作。關鍵戰略夥伴之一就是「美軍血液專案」(Armed Services Blood Program)，該專案持續協助該機構，發想創新解決方案與政策。

近程。血液(最好是全血)應由基層醫療單位攜行，且執行後續醫療作為的相關單位都必須保有最低存量。也就是說，必須發起一項全新可行的後勤計畫。在戰術層級，美軍戰鬥醫療人員、海軍軍醫、戰鬥護理人員、醫技人員(以下通稱「醫



2021年7月3日，編配於美特種作戰特遣部隊—東非重症救治空運小組的空軍人員，從吉布地萊蒙尼爾營(Camp Lemonnier)至東非戰術前進作戰基地參加醫療傷患救治演習。(Source: USAF/Daniel Asselta)

務人員」)及醫療服務提供人員都必須能夠在現地及周遭地區攜帶、儲存、抽取及注射全血，並於事前完成相關訓練，訓練重點為儲存及供給血液與血液製品。修訂美國國防部現行政策，以符合血液供給強化作為及輸血實務執行現況，並致力與食品暨藥物管理局(Food and Drug Administration)建立

共識，充分發揮此種關鍵能力。確保血液相容性(ABO血型)測試結果正確無誤，先期篩檢與造冊管制「低滴度O型全血」捐贈者，以因應戰況需要進行輸血。對於聯合部隊而言，就是建立走動式血庫。在實務運用上，類似做法在航空母艦打擊群體現：該群編制約7,500員，透過事前篩檢，建立一個約1,575員

的全血捐贈者群組，支援聯合地面作戰行動。⁶⁹ 最後，美軍所有單位都必須充分瞭解全血血庫需求項目及運用方式，並透過全球整合達成前述目標。

中程。透過聯合軍種、跨部會、跨政府及多國合作尋找創新解決方案，針對戰術至戰略層級作戰環境，延長血液與血液製品保存期限、提升運送能

力與能量，以及強化補給作為。其中，可行做法包含(但不限於)生物強化措施、生物工程、冷藏及儲存等，當然也可強化空中運輸、無人機運送、無人機傷患後送或機器人運送等途徑，達到前述目標。

遠程。運用科學與尖端科技，培植與獲取血液。例如，從捐贈者身上抽取一單位血液，再將該單位血液複製成二個單位以上的全血。「常間回文重複序列叢集」(Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, CRISPR)與「常間回文重複序列叢集關聯蛋白」(CRISPR Associated Protein 9, CRISPR-Cas9)⁷⁰ 基因組編輯工具，可透過基因片段來強化血液免疫能力，以救治重症戰傷人員。這些建議事項都需要進一步研究，並與法規業管機關達成共識，因而需要制定一套溝通協調與問題解決策略。假如美軍能比照新冠肺炎疫苗開發，投入相對應資源，那麼就可以找到解決方案。

結論：敲響警鐘

戰略存活率鐵三角始於存活鏈，整合三大全般性醫療概念——分別為初期救治、快速控制不可壓迫性出血及早期輸血管理，其對美軍之價值與實用性可從既有醫療行為與分析資料得到驗證。戮力推動戰略存活率鐵三角可拯救官兵性命與優化戰傷救治，甚至強化多領域作戰與不同戰爭層級存活鏈、完全發揮部隊戰力、實現美國戰略目標、保存聯合部隊戰力。審慎規劃、運用及集中戰略存活率鐵三角各項作為，將可立竿見影，大幅度改善聯合部隊在當前與未來戰場的存活率，

消弭戰場風險。

目前，美國似乎進入大戰之間的戰間期，而此刻正是推動軍事醫療創新、大膽發想及訴諸行動的最佳時機。這段期間，大戰當下所經歷的慘痛醫療經驗教訓，可能因為人們耽溺安逸而慘遭遺忘或質疑(華克曲線)。不過相對地，軍醫領導幹部此時必須大幅加強分析、研究、應用及訓練等相關作為，藉由分析臨床案例，精進創傷醫療整備，提升醫療成效。⁷¹ 這項任務雖由聯合創傷系統負責執行，但仍須普及到整個軍醫部門，以填補華克曲線所產生的罅隙。

過去20年來，蒐集、分析及公布戰傷數據方面已有成效，而將數據轉化為合理可行的解決方案則是下一步。發起革命性醫療作為，以解救戰場生命、降低聯合部隊死亡率與戰傷率，此舉至關重要且刻不容緩，而戰略存活率鐵三角則已敲響警鐘。某些人主張投入全美研究資源，推廣戰爭以外的創傷救治作為，即便部分領域資料為數不多亦不容忽視。⁷² 無可避免死亡重要報告中所列架構可當作戰略指導。⁷³ 與熱中此道、志同道合的民間夥伴推動學術、醫學與科技合作，可大幅增加聯合部隊戰場存活率。美軍務必持續確保戰場存活率，戮力推廣與普及戰略存活率鐵三角概念，這也是美國應得的。

作者簡介

George A. Barbee美陸軍中校現為北卡布拉格堡(Fort Bragg)聯合醫療單位/聯合特戰指揮部(Joint Medical Unit/Joint Special Operations Command)部隊創新暨現代化中心(Force Innovation and Modernization)主任。

Reprint from *Joint Force Quarterly* with permission.



註釋

1. Steve Cunningham, *Key Strategic Issues List (KSIL) 2021–2022* (Carlisle, PA: U.S. Army War College Press, July 7, 2020), available at <https://press.armywarcollege.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1403&context=articles_editorials>.
2. 「黃金時間」這個醫學名詞，乃假定傷患從受傷到獲得必要醫療救治前，有60分鐘關鍵時間。超過60分鐘，傷患死亡率與發病率會大幅升高。
3. Aaron Mehta, “‘No Lines on the Battlefield’: Pentagon’s New War-Fighting Concept Takes Shape,” *Defense News*, August 14, 2020, available at <<https://www.defensenews.com/pentagon/2020/08/14/no-lines-on-the-battlefield-the-pentagons-new-warfighting-concept-takes-shape/>>.
4. Richard N. Lesperance, Steven Adamson, and Jennifer M. Gurney, “Lessons Learned During Prolonged Care of Combat Casualties by a Minimally Manned Surgical Team,” *Military Medicine*, July 17, 2021.
5. 「戰術性戰傷照護」係指軍事作戰條件下所採用的創傷管理指示，置重點於拯救戰鬥中非致命性損傷，亦為美國國防部針對現場急救人員(包含醫療和非醫療人員)所律定之救護標準。「戰術性戰傷照護軍方專業專長」(The TCCC All Service Member)課程取代目前急救和同袍相互自救照護課程所教導的軍人創傷處理技能。DOD Instruction 1322.24, *Medical Readiness Training* (Washington, DC: DOD, March 16, 2018).
6. 「非必要死亡」係指控制外部出血、排除呼吸道阻塞及緩和張力性氣胸等，幾乎就是「可能存活創傷」的同義詞。「可能存活創傷」意謂著醫療行為尚有改善空間，而「非必要死亡」則屬醫療疏失。請參見 Brian J. Eastridge et al., “Death on the Battlefield,” *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 73, no. 6, suppl. 5 (2012), S435; Russ S. Kotwal et al., “Eliminating Preventable Death on the Battlefield,” *Archives of Surgery* 146, no. 12 (2011), 1350–1358.
7. Robert L. Mabry and Robert DeLorenzo, “Challenges to Improving Combat Casualty Survival on the Battlefield,” *Military Medicine* 179, no. 5 (2014), 477; Kotwal et al., “Eliminating Preventable Death on the Battlefield.”
8. “Changes by Robert Gates Kept U.S. Troops Alive in Afghanistan,” *Columbus Dispatch*, October 3, 2015, available at <<https://www.dispatch.com/story/news/military/2015/10/03/changes-by-robert-gates-kept/23778371007/>>; Robert M. Gates, Memorandum for the Commander, U.S. Central Command, “Afghanistan MEDEVAC Assessment,” DOD, June 15, 2009.
9. Russ S. Kotwal et al., “The Effect of a Golden Hour Policy on the Morbidity and Mortality of Combat Casualties,” *JAMA Surgery* 151, no. 1 (2016), 15–24.
10. Frederick B. Rogers and Katelyn Rittenhouse, “The Golden Hour in Trauma: Dogma or Medical Folklore?” *The Journal of Lancaster General Hospital* 9, no. 1 (Spring 2014), 12, available at <http://jlggh.org/JLGH/media/Journal-LGH-Media-Library/Past%20Issues/Volume%209%20-%20Issue%201/Rogers9_1.pdf>.
11. 佛州勞德岱堡(Fort Lauderdale)「2013年軍事健康系統研究論壇」(Military Health System Research Symposium)期間，英國軍醫處醫療部主任華克海軍代將(Commodore Alasdair Walker)闡述了「華克曲線」概念。華克醫生探討英國軍隊在克里米亞戰爭期間醫療照護能量不足的現象，回顧過往歷史發現，此種現象週而復始不斷重複，醫療照護在衝突期間會更上層樓，但衝突結束後，這些經驗教訓都會被遺忘，直到重啟戰爭時才會重拾記憶。請參見Robert L. Mabry, “Challenges to Improving Combat Casualty Survival on the Battlefield,” *Joint Force Quarterly* 76 (1st Quarter 2015), 83.
12. 2020年7月2日，筆者對國防部健康事務首席助理部長馬布雷(Robert Mabry)博士訪談內容。
13. 2020年11月16日，筆者對賓州大學普利蒙醫學院創傷學外科重症救治暨緊急手術部醫師甘農(Jeremy W. Cannon)博士訪談內容。
14. Eastridge et al., “Death on the Battlefield,” S435.
15. Frank K. Butler and John B. Holcomb, “The Military Learned to Stop the Bleeding: Many Civilian Lives Could Be Saved by Using Tourniquets,” *Wall Street Journal*, December 20, 2020, available at <<https://www.wsj.com/articles/the-military-learned-to-stop-the-bleeding-11608499774>>.
16. John B. Holcomb et al., “Understanding Combat Ca-

- sualty Care Statistics,” *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 60, no. 2 (February 2006), 398.
17. Jeffrey T. Howard et al., “Use of Combat Casualty Care Data to Assess the U.S. Military Trauma System During the Afghanistan and Iraq Conflicts, 2001–2017,” *JAMA Surgery* 154, no. 7 (2019), 600, 606.
18. “Joint Trauma System,” Department of Defense Center of Excellence for Trauma, available at <<https://jts.amedd.army.mil>>.
19. 2021年9月21日，筆者對美陸軍軍醫哈定(Ronald D. Hardin)中校和巴特爾(Jigar Patel)少校訪談內容。
20. Alfred S. Gervin and Ronald P. Fischer, “The Importance of Prompt Transport in Salvage of Patients with Penetrating Heart Wounds,” *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 22, no. 6 (June 1982), 443, 446.
21. 2020年12月14日，筆者對國家首都地區市場創傷暨緊急醫療系統戰鬥支援局局長特別助理、兼美國制服軍種大學(Uniformed Services University)華特瑞德總醫院外科部(Walter Reed Department of Surgery)教授雷密克(Kyle N. Remick)上校訪談內容。
22. Kyle N. Remick et al., “Defining the Optimal Time to the Operating Room May Salvage Early Trauma Deaths,” *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 76, no. 5 (2014), 1256.
23. Ibid.
24. Russ S. Kotwal et al., “The Effect of Prehospital Transport Time, Injury Severity, and Blood Transfusion on the Survival of U.S. Military Casualties in Iraq,” *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 85, suppl. 1 (2018), S117.
25. 「隨接即送」是以非醫療專業車輛將患者送醫的醫療概念，此概念與「停下處理」(Stay-and-Play)概念恰好相反。「研究人員發現幫派份子一向心知肚明——重症病患若能直接送醫，絕對比乾等救護車更可能活下來。」請參見Zosia Kmietowicz, “In Cases of Serious Injury ‘Scoop and Run’ Improves Survival Compared with Ambulance,” *BMJ*, September 22, 2017.
26. Michael W. Wandling et al., “Association of Prehospital Mode of Transport with Mortality in Penetrating Trauma,” *JAMA Surgery* 153, no. 2 (2018), 107, 108.
27. Kotwal et al., “The Effect of Prehospital Transport Time, Injury Severity, and Blood Transfusion on the Survival of U.S. Military Casualties in Iraq,” S112.
28. Howard et al., “Use of Combat Casualty Care Data to Assess the U.S. Military Trauma System During the Afghanistan and Iraq Conflicts, 2001–2017,” 600.
29. Donald Berwick, Autumn Downey, and Elizabeth Corbett, eds., *A National Trauma Care System: Integrating Military and Civilian Trauma Systems to Achieve Zero Preventable Deaths after Injury* (Washington, DC: National Academies Press, 2016), 89.
30. 不可壓迫性出血是軀幹上出血症狀。傳統上，發現和處理這些傷口需要外科手術救治。本文避開「不可壓迫性軀幹出血」(noncompressible truncal hemorrhage)一詞，是為了這樣涵蓋較廣的出血症狀，而文章也會比較簡明易懂。
31. Eastridge et al., “Death on the Battlefield,” S434.
32. S.E. van Oostendorp, E.C.T.H. Tan, and L.M.G. Geeraedts, Jr., “Prehospital Control of Life-Threatening Truncal and Junctional Haemorrhage Is the Ultimate Challenge in Optimizing Trauma Care; A Review of Treatment Options and Their Applicability in the Civilian Trauma Setting,” *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation, and Emergency Medicine* 24, no. 110 (2016), 2.
33. J.S. Maughon, “An Inquiry into the Nature of Wounds Resulting in Killed in Action in Vietnam,” *Military Medicine* 135, no. 1 (1970), 8–13; Eastridge et al., “Death on the Battlefield,” S434; Shawn C. Nessen et al., “Unrealized Potential of the U.S. Military Battlefield Trauma System: DOW Rate Is Higher in Iraq and Afghanistan Than in Vietnam, but CFR and KIA Rate Are Lower,” *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 85, suppl. 2 (2018), S7.
34. David R. Welling et al., “A Brief History of the Tourniquet,” *Journal of Vascular Surgery* 55, no. 1 (2012), 286.
35. Frank K. Butler, Jr., “Military History of Increasing Survival: The U.S. Military Experience with Tourniquets



- and Hemostatic Dressings in the Afghanistan and Iraq Conflicts,” *Journal of Special Operations Medicine* 15, no. 4 (Winter 2015).
36. Ibid.; John F. Kragh et al., “Historical Review of Emergency Tourniquet Use to Stop Bleeding,” *American Journal of Surgery* 203, no. 2 (2012), 9; Robert L. Mabry et al., “United States Army Rangers in Somalia: An Analysis of Combat Casualties on an Urban Battlefield,” *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 49, no. 3 (September 2000), 526.
37. Lorne H. Blackbourne et al., “Decreasing Killed in Action and Died of Wounds Rates in Combat Wounded,” *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 69, no. 1 (July 2010), S1.
38. Eastridge et al., “Death on the Battlefield,” S433.
39. Ibid., S434.
40. Adam Stannard et al., “The Epidemiology of Non-Compressible Torso Hemorrhage in the Wars in Iraq and Afghanistan,” *The Journal of Acute Care and Surgery* 74, no. 3 (2013), 831–833.
41. David R. King, “Initial Care of the Severely Injured Patient,” *New England Journal of Medicine* 380, no. 8 (February 21, 2019), 763; Oostendorp, Tan, and Geeraedts, “Prehospital Control of Life-Threatening Truncal and Junctional Haemorrhage,” 2.
42. Mehreen Kisat et al., “Epidemiology and Outcomes of Non-Compressible Torso Hemorrhage,” *Journal of Surgical Research* 184, no. 1 (2013), 418.
43. *TCCC Guidelines* (Washington, DC: Deployed Medicine, Joint Trauma System [JTS], December 15, 2021).
44. 以抗凝聚「檸檬酸-磷酸鹽-葡萄糖」(Citrates-Phosphate-Dextrose, CPD)或「檸檬酸-磷酸鹽-葡萄糖-腺嘌呤」(CPD-Adenine, CPDA-1)所蒐集的全血，在經認證捐血中心適當蒐集、儲存與通過輸血感染性疾病測試條件下，是美國聯邦食品藥物管理署核准的產品。請參見JTS Clinical Practice Guideline (CPG) ID 21, *Whole Blood Transfusion* (Washington, DC: JTS, May 15, 2018).
45. 「傷害控制復甦」是傷害控制手術的輔助方案，其目的在於穩定病情，爭取手術時間。優先採取非手術性救治，降低創傷、出血及併發症死亡率。傷害控制復甦主要原則為恢復體內平衡、預防或消弭組織缺氧、氧債、休克壓力及凝血功能不全。相對地，「傷害控制手術」則以手術救治為主，首先處理威脅生命的症狀並延後其他手術治療，直到排除傷患代謝或生理錯亂症狀為止。請參見JTS CPG ID 18, *Introduction to Damage Control Resuscitation* (Washington, DC: JTS, July 2019).
46. Eve Meinhardt, “‘Walking Blood Banks’ Fill Gap for Medical Care in Field Environment,” *Army.mil*, October 8, 2019, available at <https://www.army.mil/article/224502/walking_blood_banks_fill_gap_for_medical_care_in_field_environment>.
47. Jennine L. Callum and Peter H. Pinkerton, “Evacuation, Resuscitation, and Transfusion Near ‘The Front,’ First World War, 1918,” *Transfusion* 58 (November 2018), 2476–2477.
48. Spurgeon H. Neel, *Medical Support of the U.S. Army in Vietnam 1965–1970* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, 1991), 116–123.
49. Stacy A. Shackelford et al., “Association of Prehospital Blood Product Transfusion During Medical Evacuation of Combat Casualties in Afghanistan with Acute and 30-Day Survival,” *JAMA* 318, no. 16 (2017), 1581, 1586, 1590.
50. Howard, “Use of Combat Casualty Care Data to Assess the U.S. Military Trauma System,” 606.
51. Phillip C. Spinella et al., “Warm Fresh Whole Blood Is Independently Associated with Improved Survival for Patients with Combat-Related Traumatic Injuries,” *Journal of Trauma* 66, no. 4 (2009), S69, S71, S75; JTS CPG ID 21, *Whole Blood Transfusion*; John B. Holcomb and Donald H. Jenkins, “Get Ready: Whole Blood Is Back Again, and It Is Good for Patients,” *Transfusion* 58, no. 8 (August 2018), 1821–1823; Shawn C. Nessen et al., “Fresh Whole Blood Use by Forward Surgical Teams in Afghanistan Is Associated with Improved Survival Compared to Component Therapy Without Platelets,” *Transfusion* 53, suppl. 1 (2013), 109S; Alan D. Murdock et al., “Whole Blood: The Future of Traumatic Hemorrhagic Shock Resuscitation,” *Shock* 41, suppl. 1 (2014), 67–68; Geir Strandenes et al., “Low Titer Group O Whole Blood in Emergency Situations,” *Shock* 41, suppl. 1 (2014), 74.

52. 「低滴度O型全血」是由存在抗A與抗B抗體的O型捐贈者所捐贈，其必須經由特定檢測流程，確保血漿中抗體維持在低滴度標準內(例如用生理食鹽水做1:1-1:256的倍比稀釋[<1:256 Saline Dilution]、即時離心檢驗[Immediate Spin Method])，此種全血也可稱為「通用全血」(Universal WB)°JTS CPG ID 21, *Whole Blood Transfusion*.
53. Andrew D. Fisher et al., “Low Titer Group O Whole Blood Resuscitation: Military Experience from the Point of Injury,” *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 89, no. 4 (2020), 838.
54. Field Manual (FM) 3-04, *Army Aviation* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, April 2020), 1-5, 3-36; Army Techniques Publication 4-02.2, *Medical Evacuation* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, July 2019), 1-1, 2-3, 2-13, 2-16; Matthew Fandre, “Medical Changes Needed for Large-Scale Combat Operations: Observations from Mission Command Training Program Warfighter Exercises,” *Military Review*, May–June 2020, 41; Joint Publication (JP) 4-02, *Joint Health Services* (Washington, DC: The Joint Staff, December 11, 2017, Incorporating Change 1, September 28, 2018), VI-12, F-11; FM 4-02.1, *Army Medical Logistics* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, October 2015), 3-15, 7-1, 7-5.
55. Brent Thomas et al., *Toward Resiliency in the Joint Blood Supply Chain* (Santa Monica, CA: RAND, 2018), iii, 16, 47.
56. JP 3-0, *Joint Operations* (Washington, DC: The Joint Staff, January 17, 2017, Incorporating Change 1, October 22, 2018), I-3–1-4; JP 3-18, *Joint Forcible Entry Operations* (Washington, DC: The Joint Staff, May 11, 2017, Incorporating Change 1, January 9, 2018, val. June 27, 2018), IV-13, B-5; JP 3-31, *Joint Land Operations* (Washington, DC: The Joint Staff, October 3, 2019), I-3, 1-4, V-1.
57. Kotwal et al., “The Effect of Prehospital Transport Time, Injury Severity, and Blood Transfusion on Survival of U.S. Military Casualties in Iraq,” S117.
58. Russ S. Kotwal et al., “Leadership and a Casualty Response System for Eliminating Preventable Death,” *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 82, no. 6, suppl. 1 (2017), S11.
59. Ibid., S11–S12.
60. Andrew D. Fisher et al., “Tactical Damage Control Resuscitation,” *Military Medicine* 180, no. 8 (2015), 873.
61. JP 4-02, II-4; FM 4-02, *Army Health System* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, November 2020), 1-10–1-13.
62. 「快速投放」是軍事行動中，運送緊急或必要補給品的配套作為，而前述作業可事先規劃或依令執行，透過各種途徑完成補給。
63. Eastridge et al., “Death on the Battlefield,” S432.
64. 到2019年8月1日止，「戰術性戰傷照護委員會」(Committee on Tactical Combat Casualty Care)共建議三種接合部止血帶與裝置。available at <<https://learning-media.allogy.com/api/v1/pdf/67fb9587-eb0a-4ea0-ba3d-a0840e2a71a8/contents>>.
65. 到2021年5月31日止，共有兩種「主動脈復甦性血管球囊閉合術」裝置，分別為ER-REBOA和COBRA-OS。
66. 「止血帶」主要用來止血，有一套經過臨床醫學實驗證明的使用說明與包裝程序。
67. Blessing T. Oyenyi et al., “Trends in 1029 Trauma Deaths at a Level 1 Trauma Center: Impact of a Bleeding Control Bundle of Care,” *Injury* 48, no. 1 (2017), 1, 4.
68. Courtney E. Morgan et al., “Tissue-Factor Targeted Peptide Amphiphile Nanofibers as an Injectable Therapy to Control Hemorrhage,” *ACS Nano* 10, no. 1 (2016), 899–909.
69. 2019年12月16日，筆者與美陸軍部隊司令部主任軍醫官、第18空降軍軍醫長與第18空降軍診療作業副軍醫長個別會議內容。
70. 「常問回文重複序列叢集」是一種基因組編輯工具，讓研究人員可以調整DNA排序並改變基因功能。
71. Adopted from the “JTS Mission Statement,” DOD Center of Excellence for Trauma, available at <<https://jts.amedd.army.mil>>.
72. King, “Initial Care of the Severely Injured Patient,” 768.
73. Berwick, Downey, and Cornett, eds., *A National Trauma Care System*.