

——楊凱傑、姜椿泰——

戰術醫療輸液復甦之應用與分析

提要

- 一、戰術戰傷救護 (TCCC) 的發展對於改善戰場上可預防性傷害有著顯著的效果，其中各項歷史戰傷數據皆顯示，「出血」仍是戰場上死亡的主要原因。
- 二、對創傷傷患進行復甦治療有兩個最重要的措施，包含：(一) 出血必須使用進階的止血帶進行控制；(二) 盡早實施創傷控制手術技術，此部分包含了對出血性休克 (Hemorrhagic Shock) 傷患使用最有效的輸液實施復甦，而各項復甦輸液的優、劣勢，與其在戰術戰傷救護環境下如何應用是本篇主要聚焦討論的項目。
- 三、本文針對創傷控制復甦術 (Damage Control Resuscitation, DCR)，論述其核心目標與在戰術戰傷救護之應用範圍，以及所需裝備、設備的發展情形，並依我軍衛勤體系提出各項建議，希望我軍醫人員能在戰爭發生或重大傷病產生時，有效降低人員傷亡率，進而達成國軍保國衛民的神聖使命。

關鍵詞：戰術戰傷救護、戰術醫療、出血、復甦

圖片來源：U.S. Air Force





壹、前言

「出血 (Hemorrhage)」控制是影響創傷後可能存活 (Potentially Survivable, PS) 之主要原因，無論其場景是發生在民間或者軍事相關領域；¹ 根據近期國際研究統計顯示 (2001年10月至2011年6月美軍在阿富汗、伊拉克等行動期間)，高達87.3%的戰傷相關死亡 (Combat Related Death, CRD) 是發生在抵達軍陣醫療設施 (Military Treatment Facility, MTF) 前；² 縱使成功抵達軍陣醫療設施 (MTF)，仍有極多可能存活 (PS) 傷患死亡可歸究於出血控制不佳 (80%)，³ 無論是否屬直接出血或者是間接由創傷引發的凝血障礙 (Coagulopathy) 造成。⁴

戰術戰傷救護 (或稱戰術醫療，Tactical Combat Casualty Care, TCCC) 即是因應各種戰場傷患統計與資料分析後之需求，結合

到院前創傷照護 (Pre-hospital Trauma Life Support, PHTLS) 而發展的戰場救護技術，並將戰傷照護流程以實證醫學研究驗證後，完整確認救護過程中會使用到的戰鬥衛材、裝備。最後，將戰傷救護區分三個階段：(一) 敵火下照護 (Care Under Fire, CUF)，顧名思義，處於有效敵火下的階段；(二) 戰術戰傷照護 (Tactical Field Care, TFC)，仍在戰場，但已無有效敵火的威脅，可能是已獲得壓制火力或移至掩蔽處等；(三) 戰術醫療後送 (Tactical Medical Evacuation, TACEVAC)，在各式載具後送途中的醫療照護階段。

戰術戰傷救護 (TCCC) 指引起源於1996年，為因應少數特殊作戰部隊之特殊任務需求而發展，現已推廣至所有美軍部隊和許多其他國家，^{5、6} 不僅讓美軍自參與第二次世界大戰、韓戰、越戰、阿富汗戰爭到伊拉克等作

- 1 Sheppard FR, et al. "Whole Blood and Hextend: Bookends of Modern Tactical Combat Casualty Care Field Resuscitation and Starting Point For Multifunctional Resuscitation Fluid Development." J Trauma Acute care surg, 2018 Jul 85(1S Suppl 2): S33-S38..
- 2 EASTRIDGE BJ, et al. "Death on battlefield (2001-2011): implications for the future of combat casualty care." J Trauma Acute Care Surg. 2012 Dec, 73(6 Suppl 5): S431-7.
- 3 EASTRIDGE BJ, et al. "Died of wounds on the battlefield: causation and implications for improving combat casualty care." J Trauma. 2011, Jul 71(1 Suppl): S4-8.
- 4 Parli R. Ravi and Bipin Puri, "Fluid resuscitation in haemorrhagic shock in combat casualties." Disaster and Military MedicineThe Journal of Prehospital, Trauma and Emergency Care 2017, 3: 2: S1-5.
- 5 Butler FK. "Tactical combat casualty care: update 2009." J Trauma. 2010 Jul, 69 Suppl 1: S10-3.
- 6 Champion HR, et al. "Improved characterization of combat injury." J Trauma. 2010, May 68(5): 1139-1150.



戰以來，參戰部隊的戰傷死亡率降至歷史新低；⁷ 更於加拿大軍方相關的研究指出，這也讓該國部隊自成軍以來，部隊作戰期間傷患存活率達到歷史新高；⁸ 由此可見，該戰術戰傷救護指引的發展亦值得信任與推廣。

考量若要達到顯著改善可能存活 (PS) 傷患，其介入範疇應包含控制出血、呼吸道管理，及減少從受傷發生點 (Point of Injury, POI) 到手術介入的時間等面向，⁹ 依據先前的研究統計¹⁰ 結果可知，末端肢體出血的戰傷死亡已透過早期、有效且普遍使用的戰鬥用止血帶 (Combat Application Tourniquet, CAT) 而大幅改善，然而多處截肢、腹部嚴重受傷、骨盆、泌尿生殖器受傷，以及軀幹、關節等處的大出血，這些傷患的照護特別困難，除了繼續研發針對上述部位治療所需的相關裝備、衛材，並及早處理上述不易控制的出血外，當

下階段性維持這些大出血傷患生命，後續抵達軍陣醫療設施進行進階醫療處置，皆屬創傷傷患復甦術的範疇。

貳、創傷傷患(控制)復甦治療

研究顯示50%的創傷傷患早期死亡(受傷後<24小時內)是因為出血(包含合併出血性休克導致復甦後器官衰竭和後續的死亡)，¹¹ 因此對創傷傷患復甦治療中，最重要的兩個措施包含：(一)出血必須使用進階的止血帶進行控制；¹² (二)盡早(靠近受傷地[POI])實施創傷控制手術技術，¹³ 即盡速的止血，此部分包含對出血性休克傷患使用最有效的輸液實施復甦，也是本篇文章所要探討的重心。

近30年來醫學上對於創傷復甦 (Trauma

- 7 Kotwal RS, et al. "Eliminating preventable death on the battlefield." Arch Surg. 2011, Dec 146(12): 1350-8.
- 8 LCol Erin Savage, et al. "Tactical combat casualty care in the Canadian Forces: lessons learned from the Afghan war." Can J Surg. 2011, Dec 54(6 Suppl): S118-S123..
- 9 同註2。
- 10 Kelly JF, et al. "Injury severity and causes of death from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: 2003-2004 versus 2006." J Trauma. 2008 Feb, 64(2 Suppl): S21-6, discussion S26-7.
- 11 Kauvar DS, Lefering R, Wade CE. "Impact of hemorrhage on trauma outcome: an overview of epidemiology, clinical presentations, and therapeutic considerations." J Trauma. 2006 Jun, 60(6 Suppl): S3-11.
- 12 Beekley AC, et al. "Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes." J Trauma. 2008 Feb, 64(2 Suppl): S28-37, discussion S37.
- 13 Benov Avi, et al. "Augmentation of point of injury care: reducing battlefield mortality-The IDF experience." Injury. 2016 May, 47(5): 993-1000.



Resuscitation) 雖然已有可觀的進步和了解，然而失血迄今仍是到院24小時內，導致可能存活(PS)病患死亡的主因。¹⁴創傷控制復甦術(DCR)即是因應該問題而發展的重要技術，其操作內容主要包含三部分：(一)出血控制；(二)可容許的低血壓/低血容積；(三)預防和矯正創傷引起之血液凝固障礙(Trauma-induced Coagulopathy, TIC)。¹⁵依過去醫療紀錄記載，38%需要後送的戰傷傷患都有凝血功能障礙，¹⁶因創傷促發血液凝固障礙(TIC)是指在重大創傷出血後，體內血液凝結系統的失效，無法維持有效的止血狀態(Hemostasis)，¹⁷可能因血塊無法形成或提早崩解，致使患者失血過多，重要器官血液灌流不足、血液循環攜帶氧氣量亦不足，最後導致患者死亡；雖然在很多不同的情況下，如創傷性腦損傷(Traumatic Brain Injury, TBI)、沒有血液製劑的情況、診斷上或治療上認為有更好治療病人的情況等，仍然會使用傳統

的復甦術，而這需要持續地發展更多的研究去針對不同情況之適宜性問題做討論，但一般來說，重大創傷仍然是使用上述提及的急性期(病人持續出血的狀況)創傷控制復甦術(DCR)策略(如表一)，以暫時性的犧牲部分血液灌流(Perfusion)來達到止血的目的，該策略著重在預防與矯正創傷促發之血液凝固障礙(TIC)；¹⁸這裡要強調的是，對於戰傷傷患，最重要的還是出血的控制，否則再多的輸液補充都是枉然，而且最有效的復甦輸液即是傷患自己的血液。

所有休克病患都應該使用輸液復甦去改善組織灌流，然而對於正在出血的創傷病人來說，在達到止血狀態(Hemostasis)前嘗試回復灌流反而會造成反效果，¹⁹讓出血更難控制或讓已成形的止血血塊崩解，這觀念對於在戰場上無法取得手術資源去進行止血的前線醫務人員來說尤其重要，肆無忌憚地使用輸液反而可能導致患者死

14 Holcomb JB, et al. "Defining present blood component transfusion practices in trauma patients: papers from the trauma outcomes group." J Trauma. 2011 Aug, 71(2 Suppl 3): S315-7.

15 Harris T, Davenport R, Mak M, Brohi K, "The Evolving Science of Trauma Resuscitation." Emerg Med Clin North Am. 2018 Feb, 36(1): 85-106.

16 Niles SE, et al. "Increased mortality associated with early coagulopathy of trauma in combat casualties." J Trauma. 2008 Jun, 64(6): 1459-63, discussion 1463-5.

17 Davenport RA, Brohi K. "Cause of trauma-induced coagulopathy." Curr Opin Anaesthesiol. 2016 Apr, 29(2): 212-9.

18 Duke MD, et al. "Restrictive fluid resuscitation in combination with damage control resuscitation: time for adaptation." J Trauma Acute Care Surg. 2012 Sep, 73(3): 674-8.

19 同註15。

表一 創傷控制復甦術的各項原則²⁰

1	避免低體溫。
2	評估和運送傷患過程中，盡早出血控制及最小化血液流失。
3	在達到止血狀態前，延遲輸液使用並以低於正常血壓的標準進行復甦。
4	最少化給予晶質溶液 (Crystalloid)。
5	(以大量輸液為標準)去確保有足夠的血液製品量。
6	避免延遲執行手術或利用血管造影術止血。
7	給予適當組成(比例)之血液製品進行復甦，以維持最有效的止血狀態。
8	獲得凝血功能相關的生化(實驗室)數據以協助修正後續復甦策略。
9	給予相關藥品以安全地促進止血狀態的維持。

亡，所以辨別患者的休克狀態，決定是否給予輸液十分重要；臨床上要辨別患者是否休克及其程度十分不易，要透過收縮血壓、血紅素 (Hemoglobin)、超音波/電腦掃描腹部液體 (Intraabdominal Fluid on Ultrasound/

Computed Tomography Scanning)、簡易傷害量表 (Abbreviated Injury Scale)、心率等指標²¹才能夠較理想地反應患者休克的嚴重程度，反觀戰場環境下執行救護評估，其限制更高，許多生理指標無法獲得，也沒有醫院的進階醫療儀器可以使用，因此根據戰術戰傷救護 (TCCC) 指引建議，戰鬥醫務人員在戰術許可下，應使用下列兩個指標：(一) 排除因創傷性腦損傷 (TBI) 或藥物引起之傷患無意識 (Unconsciousness) 或意識狀態改變 (Altered Mental Status)；(二) 不正常(微弱或消失)的橈動脈搏動；²²詳細的戰術戰傷救護輸液復甦指引將在下一章節作單獨介紹。

創傷控制復甦術 (DCR) 策略第二部分強調的是，允許低血壓 (Permissive Hypotension) 和不再使用晶質溶液 (Crystalloid) 灌輸 (Infusions)，²³在創傷復甦的任何階段，使傷患回復到正常的血壓都不是我們的目標；²⁴不管在出血的動物實驗²⁵

20 Schreiber MA, et al. "A controlled resuscitation strategy is feasible and safe in hypotensive trauma patients: results of a prospective randomized pilot trial." J Trauma Acute Care Surg. 2015 Apr, 78(4): 687-95, discussion 695-7.

21 Yucel N, et al. "Trauma Associated Severe Hemorrhage (TASH)-Score: probability of mass transfusion as surrogate for life threatening hemorrhage after multiple trauma." J Trauma. 2006 Jun, 60(6): 1228-36, discussion 1236-7.

22 McManus J, et al. "Radial pulse character relationships to systolic blood pressure and trauma outcomes." Prehosp Emerg Care. 2005 Oct-Dec, 9(4): 423-8.

23 同註19。

24 同註15。

25 Mapstone J, Roberts I, Evans P. "Fluid resuscitation strategies: a systematic review of animal trials." J Trauma. 2003 Sep, 55(3): 571-89.



還是傷患統計²⁶都顯示，使用大於維持基本心血管—腦循環所需要的輸液量去增加或嘗試增加血壓，會導致出血處的出血增加，最終對病患產生更大傷害，因此戰術戰傷救護指引才會使用橈動脈作為復甦目標血壓指標，只要將戰鬥傷患回復到可觸及橈動脈，即停止進一步的輸液灌輸；²⁷而給予晶質溶液或膠體溶液 (Colloid) 可能導致稀釋型的血液凝固障礙 (Dilutional coagulopathy)、貧血、血管內皮損傷、組織水腫等，上述所有症狀的發生都與不好的癒後相關，²⁸大量的輸液復甦則可能增加創傷相關的出血、器官衰竭和死亡；^{29、30}這與我國內目前緊急救護觀念十分衝突，目前國軍戰傷以接受消防緊急救護技術 (Emergency Medical Technique, EMT) 為導向，中級救護技術員以上能夠執行靜脈注射

給予生理食鹽水或乳酸林格氏液，且只要傷患有疑似休克現象即給予點滴靜脈注射，目標是使患者恢復到全身組織正常灌流，也就是達到正常的血壓，如上所述，這在較嚴重創傷 (戰傷) 傷患可能反而會造成更嚴重的出血、凝血功能障礙。

創傷控制復甦術 (DCR) 的第三個部分為預防和矯正創傷引起之血液凝固障礙 (TIC)；Brohi等人於2008年的研究顯示，重大創傷傷患抵達醫院並接受大量輸液 (無論是晶質輸液或血液製劑) 後，血液凝固障礙個案數量達到100%，³¹研究顯示此狀態會產生更高的器官功能障礙和提高4倍的死亡率。³²因此，如何預防輸液復甦產生的血液凝固障礙至關重要，相關文獻指出，使用平衡的血液成分 (紅血球、血漿、血小板) 比例進行輸液能夠預防

-
- 26 Wang CH, et al. "Liberal versus restricted fluid resuscitation strategies in trauma patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and observational studies." *Crit Care Med*. 2014 Apr, 42(4): 954-61.
- 27 Butler FK, et al. "Fluid resuscitation for hemorrhagic shock in Tactical Combat Casualty Care: TCCC Guidelines Change 14-01." *J Spec Oper Med*. 2014 Fall, 14(3): 13-38.
- 28 Geeraedts LM Jr, Pothof LA, Caldwell E, de Lange-de Klerk ES, D'Amours SK, "Prehospital fluid resuscitation in hypotensive trauma patients: do we need a tailored approach?" *Injury*. 2015 Jan, 46(1): 4-9.
- 29 同註26。
- 30 Cotton BA, et al. "Damage control resuscitation is associated with a reduction in resuscitation volumes and improvement in survival in 390 damage control laparotomy patients." *Ann Surg*. 2011 Oct, 254(4): 598-605.
- 31 Brohi K, et al. "Acute coagulopathy of trauma: hypoperfusion induces systemic anticoagulation and hyperfibrinolysis." *J Trauma*. 2008 May, 64(5): 1211-7, discussion 1217.
- 32 Maegele M, et al. "Early coagulopathy in multiple injury: an analysis from the German Trauma Registry on 8724 patients." *Injury*. 2007 Mar, 38(3): 298-304.



或減少產生血液凝固障礙；³³另外，使用抗血栓崩解（Antifibrinolytic）藥物，如氨甲環酸（Tranexamic Acid, TXA；國內商品名：斷血炎），能治療急性創傷性血液凝固障礙，³⁴其藥理作用係防止已形成的血栓被分解，進一步達到維持止血（Hemostasis）的狀態。其研究結果顯示³⁵無論是在軍方或者民間單位，如給予出血的創傷傷患氨甲環酸（TXA）能減少總死亡率。^{36、37}

另外，維持患者離子平衡與避免低體溫（Hypothermia）也是創傷復甦的關鍵，³⁸代謝性酸血症（Acidosis）、低體溫與血液凝固障礙被稱為創傷的死亡三角，³⁹德國一項包含15,895患者的研究發現，低體溫增加了住院時間以及死亡率，⁴⁰所以要特別注意，使用加

熱毯或利用新式野戰口糧之加熱包等工具且盡量使用輸液加熱器以避免患者低體溫的發生，影響凝血功能。

參、美軍戰術戰傷救護輸液復甦發展歷程與啟發

1992年時，對於創傷傷患的到院前輸液復甦策略為盡可能的快速給予2公升晶質溶液；然而經過相關文獻分析發現，此策略並無法在當時各文獻結果中獲得很好的支持；自1993年到1996年期間，到院前輸液復甦策略被戰術戰傷救護研究計畫完整的新評估，經過20多年不斷地調整，產生最初階版本的《戰術戰傷救護指引》⁴¹；以下即

33 同註15。

34 同註15。

35 Cannon JW, et al. “Damage control resuscitation in patients with severe traumatic hemorrhage: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma.” J Trauma Acute Care Surg. 2017 Mar, 82(3): 605-617.

36 Morrison JJ, Dubose JJ, Rasmussen TE, Midwinter MJ, “Military application of tranexamic acid in trauma emergency resuscitation (MATTERs) study.” Arch Surg. 2012 Feb, 147(2): 113-9.

37 Cole EI, Davenport R, Willett K, Brohi K, “Tranexamic acid use in severely injured civilian patients and the effects on outcomes: a prospective cohort study.” Ann Surg. 2015 Feb, 261(2): 390-4.

38 同註15。

39 Mikhail, J, “The trauma triad of death: hypothermia, acidosis, and coagulopathy,” AACN Clin Issues. 1999 Feb, 10(1): 85-94, PMID 10347389.

40 Klauke N, et al. “Effects of prehospital hypothermia on transfusion requirements and outcomes: a retrospective observatory trial.” BMJ Open 2016, 6(3): e009913.

41 Butler FK Jr, “Fluid Resuscitation in Tactical Combat Casualty Care: Yesterday and Today.” Wilderness Environ Med. 2017 Jun, 28(2S): S74-S81.



針對其中內容的演進作進一步說明，希望能透過美軍戰鬥救護不斷實戰驗證的經驗軌跡，進一步分析我國軍戰鬥救護應具備的技術內容及未來戰鬥衛材發展所需策略。

從1996年最早期的戰術戰傷救護研究文章就提到，雖然民間到院前創傷輸液復甦都廣泛地盡速使用2公升乳酸林格氏液 (Lactated Ringer's, LR) 或生理食鹽水 (Normal Saline)，但是對於處在出血性休克的創傷傷患來說，並無法證實使用這類晶質溶液是否有實質的益處；⁴²1996年以前之所以認定上述策略有效，主要是根據動物出血模式的實驗，但是此實驗輸液治療是在動物已無出血情況下執行，其出血在失去固定比例的血液後即停止，因此被稱作是「受控制的出血」實驗；⁴³換句話說，該動物模式出血量以及時間都受到控制，其情境係處在穩定出血且出血已受控制的情況下。反觀1996年後Milles等人以另一種不同於過往出血已控制才進行輸液復甦的實驗模式，讓受試動

物的出血不受控制同時進行輸液復甦，即發現大量且積極的輸液復甦是沒有益處甚至反而會增加死亡率；⁴⁴其無助於傷患恢復且增加死亡率的可能原因，包含有出血處血流量增加導致血管舒張、凝血因子被稀釋，以及增加血管內壓等，上述這些因素都可能干擾止血血栓的形成。⁴⁵

另外，不管是乳酸林格氏液或生理食鹽水均屬晶質溶液，鈉離子是主要的滲透壓來源，而鈉離子很容易且快速的分散到整個細胞間質液中，同時水分也跟著移動（水分子從低張溶液往高張溶液擴散），整體晶質溶液就快速的從血管內空間移到血管外空間。研究顯示，給予出血性休克的患者靜脈注射1,000毫升乳酸林格氏液，1小時後，只會剩下約200毫升的容量在他/她的血管內空間中，⁴⁶這會導致後續低血壓的再次發生，並產生二度的副作用，如肺水腫、腦水腫、腹部腔室症候群 (Abdominal Compartment Syndrome)。⁴⁷相比膠體溶液 (Colloids)，其

42 Butler FK Jr, Hagmann J, Butler EG, "Tactical Combat Casualty Care in special operations." *Mil Med.* 1996 Aug, 161 Suppl: 3-16.

43 Krausz MM, Bar-Ziv M, Rabinovici R, Gross D, "Scoop and run" or stabilize hemorrhagic shock with normal saline or small volume hypertonic saline? *J Trauma.* 1992 Jul, 33(1): 6-10.

44 Milles G, Koucky CJ, Zacheis HG. "Experimental uncontrolled arterial hemorrhage." *Surgery.* 1966 Aug, 60(2): 434-442.

45 同註41。

46 Rainey TG, Read CA. "The pharmacology of colloids and crystalloids." in: B. Chernow (Ed.) "The Pharmacologic Approach to the Critically Ill Patient." 2nd ed. Williams & Wilkins, Baltimore, MD, 1988: 219-240.



包含較大的分子結構，輸液可長時間留於血管內，例如「Hespan」輸液包含羥乙基澱粉 (Hetastarch) 大分子，可讓完整的注射輸液保持在血管空間內達8小時以上。⁴⁸1996年發現羥乙基澱粉 (Hetastarch) 對於出血受控制的休克傷患而言，具有更安全且有效的替代效果，可取代當時使用的乳酸林格氏液 (LR)。⁴⁹根據上述的考量，戰術戰傷救護 (TCCC) 對於輸液復甦的初步建議如下：

- 一、延遲開始靜脈注射和輸液復甦，直到戰術戰傷照護階段 (TFC)。
- 二、沒有休克現象的傷患不要給予靜脈注射輸液。
- 三、因為無法控制的出血導致休克的傷患，不要給予靜脈注射輸液。
- 四、出血導致休克，但是出血已有效地控制住的傷患，啟始1,000毫升「Hespan」復甦傷患。
- 五、限制Hespan使用量在1,500毫升 (含) 以下。

1999年美軍特戰指揮部舉行了一天的特戰醫療相關研討會 (Workshop)，重新檢視了美軍於1993年索馬利亞的摩加迪沙

(Mogadishu) 戰役中的各項決策、計畫與過程，也討論了期間美軍傷患的受傷型態與受到的治療以及癒後，其目的係為了確認戰術戰傷救護指引與此戰役習得的經驗一致；當中部分議題經各創傷專家討論，結果皆同意傷患因休克導致意識改變應該要給予足夠的輸液去復甦傷患，直到意識改善為止，即使是無法以壓迫止血的 (內) 出血；與會成員們提到復甦的目標不是恢復「正常」血壓，而是改善意識狀態；雖然當時很少相關證據支持此項建議，但仍獲當時專家一致認同。

經過該次研討會後，美陸軍軍醫研究與材料指揮部 (Medical Research and Materiel Command, MRMC) 與海軍研究室在2001和2002年間發展出對於已控制或未控制的出血傷患之低血壓輸液復甦策略，並在有較少凝血相關副作用的考量下，建議使用人工合成羥乙基澱粉 (Hetastarch) 溶液—「Hextend」，取代之之前使用的「Hespan」；另美陸軍外科研究機構透過動物實驗，發現平均收縮壓達94毫米汞柱時，有可能導致再出血，探討其原因係因升高的血壓干擾了身體去建立止血的狀態 (Hemostasis)。有鑑於此，對於無法壓迫

47 Kasotakis G, et al. "Aggressive early crystalloid resuscitation adversely affects outcomes in adult blunt trauma patients: an analysis of the Glue Grant database." J Trauma Acute Care Surg. 2013 May, 74(5): 1215-21, discussion 1221-2.

48 Mortelmans Y, et al. "Effect of an equal volume replacement with 500 mL 6% hydroxyethyl starch on the blood and plasma volume of healthy volunteers." Eur J Anaesthesiol. 1995 May, 12(3): 259-64.

49 Shatney CH, Deepika K, Militello PR, Majerus TC, Dawson RB. "Efficacy of hetastarch in the resuscitation of patients with multisystem trauma and shock." Arch Surg. 1983 Jul, 118(7): 804-9.



止血的出血傷患，在尚未使用手術控制出血前，應建立其復甦上限，⁵⁰並依據上述重點，於2003年調整TCCC輸液復甦指引。

該指引依靠橈動脈和精神狀態去辨識患者是否休克，是因為其便利快速且適合高噪音、低光源的戰場環境，使用聽診器與充氣袖帶等傳統測量是不切實際的；另研究顯示運用橈動脈作為預測整體收縮壓狀態是好的指標，當患者有微弱的脈搏，代表其平均收縮壓（mean SBP）大約100毫米汞柱。⁵¹2005年美陸軍醫學部門期刊中一份戰鬥單位使用輸液復甦的報告指出：「我們使用低血壓復甦原則，只在合適的情況下使用靜脈注射輸液，也就是給予休克傷患1000 毫升的『Hespan』，這非常有效且沒有發現特別的併發症，我們只需要少量的補充和空間去運送至伊拉克，我們發現膠體溶液是輸液復甦技術運用上較佳的選擇」。⁵²

2004年時美軍慢慢了解適當的計畫和

後勤補給方法能使傷患在抵達軍陣醫療設施前獲得紅血球輸液治療，雖然前線醫務人員無法攜帶紅血球輸液（超出後勤補給裝備能力），但是可以在後送的平臺上（如直升機或其他載具）獲得補給；因此2004年戰術戰傷救護輸液復甦指引建議在後勤補給許可的情況下，可在戰術醫療後送（TACEVAC）階段給予紅血球輸液。⁵³

2010年，美陸軍軍醫研究與材料指揮部（MRMC）再次召開輸液復甦相關研討會議，當中與會的65位復甦術專家均認同使用Hextend，並認為它是執行戰術戰傷救護中低血壓復甦術較合適的方法；⁵⁴但也有其他研究發現，施救過程仍有許多精進的機會，例如：（一）若狀況允許，優先使用紅血球與血漿1:1比例輸液復甦（而非原先單純的紅血球輸液）；（二）建立區分具創傷性腦損傷（TBI）傷患或無腦損傷（Non-TBI）傷患復甦的目標血壓值。⁵⁵最後，2010年度戰術戰傷救

- 50 Sondeen J, Coppes VG, Holcomb JB. "Blood pressure at which rebleeding occurs after resuscitation in swine with aortic injury." J Trauma. 2003 May, 54(5 Suppl): S110-7.
- 51 McManus J, et al. "Radial pulse character relationships to systolic blood pressure and trauma outcomes." Prehosp Emerg Care. 2005 Oct-Dec, 9(4): 423-8.
- 52 Tarpey MJ. "Tactical combat casualty care in Operation Iraqi Freedom." U.S. Army Med Dep J 2005 April/June, 38-41.
- 53 Butler FK Jr, Holcomb JB, Giebner SD, McSwain NE, Bagian J. "Tactical combat casualty care 2007: evolving concepts and battlefield experience." Mil Med. 2007 Nov, 172(11 Suppl): 1-19.
- 54 McSwain N, Champion HR, Fabian TC, et al. "State of the art fluid resuscitation 2010: prehospital and immediate transition to the emergency department." J Trauma. 2011, 70: S2-S10.
- 55 Lednar WM, Poland GA, Holcomb JB, Butler FK. "Recommendations regarding the Tactical Combat Casualty Care guidelines on fluid resuscitation. (2010-07)" Defense Health Board Memorandum, December 10, 2010.



護輸液復甦指引即區分戰術戰傷照護與戰術醫療後送兩階段更新。

2014年，戰術戰傷救護委員會 (CoTCCC) 根據美軍、英軍和法軍的戰場創傷控制復甦術之經驗和美國與歐洲民間的共同研究，再次更新了輸液復甦的準則，其更新內容主要強調了盡早使用血液製劑復甦的重要性，甚至在戰術醫療後送 (TACEVAC) 階段前若可取得就應立即給予。⁵⁶另外也提到在各項血液製劑使用的優先順序上，不再認為單純的紅血球是最好的選擇，而是其成分內容物越接近血液失去的成分越佳，亦即新鮮溫全血 (FWWB) 是最推薦使用的選項；若真要使用血液組成輸液，也要將血漿與血小板所佔比例提高 (血漿或血小板：紅血球 > 1:2)。因此，2014年後的《輸液復甦指引》⁵⁷—戰術戰傷照護 (TFC) 及戰術醫療後送 (TACEVAC) 階段—輸液復甦，更新如下：

- 一、出血性休克傷患的復甦輸液選擇優先順序如後：全血 (Whole Blood)、血漿 (Plasma)：紅血球 (RBCs)：血小板 (Platelets) = 1:1:1、血漿：紅血球 = 1:1、血漿或紅血球單獨使用、Hextend (膠體溶液)、晶質溶液 (如乳酸林格氏液或 Plasma-Lyte A)。
- 二、評估出血性休克 (無腦傷傷患的意識改變和/或微弱或消失的橈動脈)：

(一) 若未處於休克時：

1. 靜脈注射輸液沒有立即性的需要；
2. 若傷患意識清楚且可以吞嚥，口服輸液是許可的。

(二) 若傷患處於休克且血液製品可取得，並符合指揮部認可或戰區血液製品給與標準：

1. 使用全血復甦；
2. 或/若無法取得時，改以血漿、紅血球和血小板，1:1:1的比例；
3. 或/若無法取得，改以血漿和紅血球1:1的比例；
4. 或/若無法取得，重新備製乾燥血漿 (Dried Plasma)、液態血漿或單獨使用冷凍血漿或紅血球；
5. 灌輸每單位後重新評估傷患，持續復甦直到可觸及橈動脈、意識狀況改善或收縮壓達80-90毫米汞柱。

(三) 若處於休克，但血液製品因戰術或後勤補給因素無法取得：

1. 使用Hextend復甦；
2. 若無法取得，改以乳酸林格氏液或 Plasma-Lyte A；
3. 每500毫升大量靜脈輸液後重新評估傷患；
4. 持續復甦直到可觸及橈動脈或意識狀態改善或收縮壓達80-90毫米

56 同註41。

57 同註55。



汞柱；

5. 當一個或多個結束點 (End point) 達成，停止繼續輸液復甦。

(四) 若傷患意識改變是因疑似創傷性腦損傷 (TBI)，且有微弱或消失的周邊循環時，即須給予復甦，來恢復或維持正常的撓動脈；若可實施血壓監測，則維持目標收縮壓至少90毫米汞柱。

(五) 多次重新評估傷患，確認有無再發生休克現象，若休克再發生，重新確認所有外出血控制情形，若確認仍屬有效，依據上述流程重複輸液復甦。

美軍至今仍使用上述輸液復甦準則，古有明訓：「以銅為鏡，可以正衣冠；以史為鏡，可以知興替；以人為鏡，可以明得失。」藉由美軍與各國軍隊在世界各地的戰場、各式軍事任務以血換得的經驗教訓，可以了解整個戰鬥救護的發展脈絡，也希望國軍能夠汲取相關經驗，發展適合我國作戰型態各個不同救護階段所需的輸液復甦標準。

肆、輸液介紹與優劣分析

用正確種類的輸液和正確的劑量能夠

減少死亡率和致殘率，⁵⁸由上述簡介可知，創傷控制復甦術 (DCR) 強調可允許的低血壓和止血維持的復甦術是為了達到以下三點目標：(一) 限制增加血管內容積，維持目標血壓 (達到重要器官組織灌流為止)，並將副作用產生降至最低，如水腫、稀釋導致凝血障礙、血栓崩解導致再出血；(二) 加強身體形成和維持出血處血栓的能力；(三) 維持 (改善) 血液攜氧能力。而目前主要的戰傷輸液有以下幾種，後續針對各不同輸液詳加介紹與使用利弊分析：

一、晶質溶液 (Crystalloids)

每損失1毫升血液給予3毫升晶質溶液的觀念，過去普遍使用於作戰前線的出血性休克患者，然而晶質溶液不符合創傷控制復甦術的目標，其短暫的增加血管內容積，可能有肺水腫、出血處止血血栓崩解、腹部腔室症候群 (Abdominal Compartment Syndrome)、酸中毒 (Acidosis)、腦水腫 (Cerebral Edema) 加劇與稀釋性凝血障礙 (Dilutional Coagulopathy) 的風險；若只有晶質溶液能夠選擇的話，乳酸林格氏液 (LR) 比生理食鹽水較少產生高氯酸中毒 (Hyperchloremic Acidosis)，⁵⁹而Plasma-Lyte A (中性，PH值7.4，滲透壓295 mosm/l，無鈣離子) 也是另

58 Bellamy, R.F. (1995) Combat Trauma Overview. In: Zajtchuk, R., Bellamy, R.F., Grande, C.M., Eds., Anesthesia and Perioperative Care of the Combat Casualty: Textbook of Military Medicine, Office of the Surgeon General, Falls Church, 1-42.

59 Rizoli SB. "Crystalloids and colloids in trauma resuscitation: a brief overview of the current debate." J Trauma. 2003 May, 54(5 Suppl): S82-8.



一選擇，乳酸林格氏液較偏屬酸性且稍微低滲透壓，其中的鈣離子可能造成使用的紅血球濃厚液（PRBC）或全血產生凝結；另外，高滲透壓生理食鹽水（Hypertonic Saline）和高滲透壓生理食鹽糖水（Hypertonic Saline Dextran）也屬於晶質溶液，研究證實渠等對於創傷輸液復甦在操作上，無法證明較等滲透壓晶質溶液有更好的效果。⁶⁰

雖然上述各種證據多半顯示晶質溶液具有較多的副作用及劣勢，不過晶質溶液仍是目前國內最好取得、也最普及的到院前救護輸液，也是目前法規上緊急救護技術員唯一可依法使用的輸液類型。另外，不管是戰傷戰術救護骨針（FAST1®）或者生理食鹽水閥（Saline Lock）建立後的管路沖洗，或是一般外傷清洗，仍是需要使用少量晶質溶液。

二、膠體溶液 (Colloids)

膠體溶液，包含明膠（Gelatin）、多種氫乙基澱粉（Hydroxyethyl Starch, HES）、白蛋白（Albumin）等，較晶質溶液更有效率的擴張血漿容積，因為其溶質分子較大且不易擴散，可創造出滲透壓使血管空間內水分保留其中，不容易從血管滲出至肺部，也就改善了氧合能力。而擴充相同的血管內空間容積量，所需要的膠體溶液較晶質溶液少很多，

這也造就了後勤補給的便利性與優勢；然而，其可能產生的副作用有腎功能損傷及大量氫乙基澱粉（HES）抑制血小板凝血功能等問題。目前各種研究正反論點尚無一致共識，但值得一提的是，氫乙基澱粉的其中一種名為Hextend的人造膠體溶液，並不會抑制血小板功能，可能是因為其中的溶質含有氯化鈣，能刺激血小板功能，研究顯示分別給予兩次250毫升Hextend輸液復甦，並不會造成創傷病人的凝血障礙。⁶¹

三、血液和血液製劑

使用全血或相關成份、血漿最能滿足創傷控制復甦術（DCR）的目標，不同種類的血液製劑能提供不同程度的凝血功能維持並增加血管內容積；多數血液製劑必須冷凍或冷藏保存，除保存設備標準較高外，輸液復甦時亦需要加溫器處理，避免患者產生低體溫，或甚至導致凝血功能障礙。

（一）全血

全血有新鮮溫全血（FWWB）及儲存全血（Stored Whole blood）兩種，新鮮溫全血被認為較能有效改善凝血障礙，主因是具有較新鮮的紅血球且功能較正常，也具備濃度較高的血小板與血漿。然而也有研究報告認為，儲存全血與新鮮溫全血具有同等級的效果。

60 Bunn F, Roberts I, Tasker R, Akpa E. “Hypertonic versus near isotonic crystalloid for fluid resuscitation in critically ill patients.” Cochrane Database Syst Rev. 2004, 3: CD002045.

61 Deusch E, Thaler U, Kozek-Langenecker SA. “The Effects of High Molecular Weight Hydroxyethyl Starch Solutions on Platelets.” Anesth Analg. 2004 Sep. 99(3): 665-8.



全血作為復甦靜脈輸液，理當對於出血性休克患者最好，畢竟患者流出的就是全血，若能給予一樣比例的輸液最不會影響到各種生理系統的平衡，但是新鮮全血保存不易，只能存放24小時以內，而冷藏全血依台灣血液基金會資料也僅可存放至35天；⁶²其他問題尚有，新鮮溫全血具傳染後天免疫缺乏病毒、B型肝炎等風險，須透過捐贈者篩檢來避免，全血也因含有完整的血漿代謝物、白血球、抗體等，較易有溶血、過敏等不良反應。

（二）1:1:1血漿:紅血球:血小板

運用血液中各個單一成份，視需求再進行混合，優點是能夠分別儲放（每種血液成份保存條件不同，保存時間亦不同），平時也能夠在需要時提供醫院端使用，配合各種不同的病況給予不同的血液成份補充（例如：慢性貧血患者僅需要紅血球，不需其他血液成份）；缺點是除了與大部分血液製劑一樣需要較多設備以保存與準備執行輸液復甦以外，調製成1單位全血會產生較大的容積（因為各種添加物，如抗凝劑、紅血球保存液等）。換句話說，同樣一單位全血的效果，將三種單獨血液成份再組合起來可能會多出100多毫升，這不僅對於後勤補給上來說相對不利，也不符合創傷控制復甦術（DCR）的目標—低血壓復甦，其所產生過多的容積可能導致血壓升高過多，反而具有產生再次出血副作用等風險。

（三）1:1血漿和紅血球

根據台灣血液基金會資料，將紅血球成份液保存於1°C~6°C約35~42天（視採集方法之不同），血漿則在-20°C可保存約1至5年，如在超低溫（-65°C或-150°C）情況下，冷凍紅血球更可保存達10年之久，這在血小板（僅可於室溫持續震盪保存5天）無法取得時可作為替代的血液製品輸液；其優勢相較於全血或血小板，此種血液成分製劑能保存時間較久，較符合經濟效益。然而1:1的血漿與紅血球雖能補充失去的血液容積與增加患者攜氧能力，但為了長時間保存而少了血小板以及部分凝血因子失去活性，將不利於維持傷患的凝血功能；同樣地，此品項亦需冷藏設備與輸血時的加溫設備，這是戰場環境後勤補給較難克服的。

（四）紅血球（RBCs）

紅血球濃厚液（PRBCs）是最為常見的血液製劑，因為已將血漿分離去除，因此其可增加與全血相同的攜氧能力，但卻不會增加過多的血液容積，這對於慢性貧血、一般醫院手術前很有幫助，但對於戰場重大創傷而言，適當提高血管內容積也是需要，且缺少血小板與血漿中之各式凝血活化因子也是其缺點。

（五）冷凍血漿

新鮮冷凍血漿（Fresh Frozen Plasma）乃是於全血採血後8小時內所分離並冷凍（-20°C）後之血漿，它保存了所有的血液凝

62 《2018年版血液成分精要》（臺北：醫療財團法人台灣血液基金會，民國107年1月30日），頁6。



血因子。依台灣血液基金會資料，該血漿一般可保存1年，若是採血後8小時以上再分離製成之一般冷凍血漿，雖缺乏部分凝血因子（Factor V, VIII），但可保存5年。冷凍血漿能提供傷患各式凝血因子，矯正或預防凝血障礙的發生。該血漿存有與血液相同比例電解質，可作為補充傷患血液容積及矯正休克現象之用。另外，血漿具有額外的優點，其能作為血中的緩衝劑（buffer），能夠改善血酸中毒患者血酸（Acidotic）的情況，但缺點是缺乏紅血球，無法有效提高傷患血液攜氧能力，且回溫設備要求較高，需要於連同血袋於30°C~37°C下恆溫器搖盪解凍，此一情形在戰場環境後勤補給上較難克服。

（六）再製乾燥血漿（Dried Plasma, DP）

Lyophilization，又稱冷凍乾燥（Freeze-Dried）技術，是將不易保存的物質經過脫水（Dehydration）製成（將物質冷凍後乾燥，讓水份直接從固態昇華為氣態並移除，過程需要精確控制溫度與壓力，詳細過程在此不作贅述）；而乾燥血漿（DP）即屬固態粉末狀態，配合使用注射用（或蒸餾）水充分混合，即可成為再製血漿，如同液態或冷凍血漿，其中保存了各式凝血因子，可以補充患者失去的凝血因子並適當增加血液容積，減少

傷患凝血障礙。美軍曾因二戰時期，大量使用此類製品爆發B型肝炎聚集事件而停止使用；但法軍自1994年起，至今仍在使用這類製品；其他國家，如德國、挪威等，現今也仍在使用中；另以色列選擇使用德國製造之乾燥血漿—LyoPlas，並於2013年開始運用於前線受傷點（POI），⁶³近年隨著篩檢技術進步，已可有效確保捐贈者血液安全。美軍亦積極推動FDA盡速核准使用（預計於2020年通過核准），目前美軍僅由法國和德國進口發放三軍各特戰部隊戰鬥醫務員於境外（前線）作戰時使用。⁶⁴本產品優劣與一般血漿輸液相同，但其最大特點是其戰場環境下的可行性極高，因不需冷凍保存、存放溫度容忍度大（2°C~25°C）、體積小、重量輕。

伍、國軍戰傷救護應用

上述分析各項戰傷傷患復甦用輸液各有優劣，有其後勤補給、保存、使用設備不同之需求，也要考慮到傷患的出血狀況、種類，使用單一標準的輸液復甦策略或統一配賦是不太理想的；戰鬥傷害的發生，其周圍環境通常是很嚴峻的，醫務人員能攜帶的裝備是有限的，且戰術上的考量可能不容許使用體積

63 Shlaifer A, et al. "Prehospital administration of freeze-dried plasma, is it the solution for trauma casualties?" J Trauma Acute Care Surg. 2017 Oct, 83(4): 675-682.

64 Emery P. Dalesio, "US troops get freeze-dried blood plasma for use on the battlefield," AP NEWS, December 1, 2017, <https://www.apnews.com/593dcb3902ed49a3b1adb97d824505aa>, retrieved 2 Nov 2018.



靜脈注射閥沖洗
(資料來源：BC Open Textbook網站)



Hextend(資料來源：American
Pharma Wholesale.com)



捐贈全血(資料來源：Wikipedia,
Whole Blood英文版頁面)



美軍展示冷凍乾燥血漿(資料來源：同註64)



乾燥血漿再製過程(資料來源：LyoPlas 官網/Instruction)

圖一 各式輸液種類(資料來源：本研究整理)

龐大、重量過重的設備，也沒有充分的時間能夠配置血液相關製劑，但隨著不同階段的照護等級，戰況激烈程度的減少、後勤補給的可近性提高，從前線受傷點後送至傷患集結點後，或後續於傷患後送運輸載具上，能

夠給予的輸液種類(如圖一)就能有更多選擇。

國軍目前採用兩段三級的醫療後送模式，⁶⁵兩段區分為前段部隊衛勤：自戰鬥受傷點(POI)開始第一級各式戰傷戰術照護，再

65 林維安，〈作戰區衛勤能量統合運用之探討〉《陸軍後勤季刊》(桃園)，103年第3期，民國103年8月，頁88-104。



後送到由甲、乙級衛生部隊所開設之第二級各式救護站或醫務所；第二段則屬地區醫療，收容第二級後送傷患在國軍（或徵用）醫院做進一步的治療。第一級各醫務人員或受過醫務專業訓練之特戰人員主導前線各項戰鬥救護操作，指導單位非軍醫人員執行自救互救，以及相關進階緊急戰鬥救護處置，並提供前線作戰部隊主官各項醫療建議。第二級救護單位須熟悉及規劃成立各救護站，執行傷患檢傷、治療及後送等作業，在此層級單位通常具有較多醫療能量選擇，如氧氣裝置、抽吸裝置、血液製劑儲存裝置、藥品冷藏箱等，而第三級醫院端則為最高級醫療設施，具備最完善各式醫療裝備與完整藥衛材，在必要時並能提供前端醫療作業後勤補給。

以第一級部隊單位來說，身處戰鬥最激烈區域，若遇休克現象發生，在戰況許可情況下，可給予病患具有體積小、易攜帶特性的膠體溶液（如Hextend）或是乾燥血漿（DP）輸液復甦；若在艦艇單位，可考慮艦上設施作業空間及動線上可行性，運用平時儲備可較長時間存放的各式血液製劑，可提供戰時發生出血性休克傷患相同於第二級單位更好的輸液復甦。

第二級為甲乙級醫療單位，平時即可考量各地區產生戰傷人數及設備限制，適時儲備適量血液製劑（或建立快速獲補機制，需要時能快速自醫院端或戰時前進補給站取

得），便於戰時提供傷患更符合創傷控制復甦術（DCR）目標之血液製劑（如紅血球、血小板、血漿等）使用。另外在戰術醫療後送照護階段（TACEVAC）也應有足夠膠體溶液、乾燥血漿（DP）可供醫療後送載具運輸路途使用，並對前線戰鬥醫務人員實施後勤整補。

第三級為各國軍醫院及徵召使用之民間醫院。平時即可配合台灣血液基金會先行建立各式血液捐贈者資料庫，並考量各血液製劑保存時間，分別儲放來作為戰備衛材。在戰時如可取得新鮮溫全血（FWWB），即可作為最好的靜脈復甦輸液選擇，也能給傷患最高的存活機會。另外也須做好傳染病篩檢，研發並製作冷凍乾燥血漿（FDP），發放二級或一級部隊作為戰備衛材使用，後續可於戰時儲備，如有過效期，可轉為人員訓練使用。

陸、建議與相關限制討論

一、持續更新國內戰鬥藥衛材

雖然本篇主要探討為各項復甦輸液其應用範圍與使用限制，然而戰術戰傷救護最重要的工作還是前端各項出血控制技能，包含使用單兵急救包內之止血帶確實控制肢體出血的動作，以及使用關節用止血帶和凝血衛材於無法使用止血帶部位或情境之出血等（如圖二），唯有有效控制出血情形，對於後續輸液復甦上才能有效發揮其功用。有鑑於此，我們強烈建議應持續推動戰術戰傷救護



技術、定期更新相關衛材、裝備。

對於個人戰鬥急救包，或稱單兵急救包（Individual First Aid Kit, IFAK），應盡速配發全戰鬥單位人員身上，並更新其中戰鬥衛材，特別是經過認證的止血帶。執法人員（警察）使用戰傷救護技術的描述性統計研究⁶⁶顯示，7個臨時自製止血帶中，只有1個是有效控制著出血的，更不難想像在激烈戰時、時間、後勤補給受限的環境下，製作臨時止血帶有多困難，因此自行研製或採購認證之止血帶是絕對有必要的。美軍自世界大戰即發現

止血帶效能不彰所帶來的問題，但經過越戰（多數戰傷仍因下肢截肢出血死亡）到阿富汗戰爭的洗禮後，才真正痛定思痛的開始改良無效的止血帶（即我國現仍使用的止血帶），並於前線積極推廣及訓練使用新式止血帶（CAT）。對於四肢以外無法使用止血帶控制出血之部位，需要使用關節用止血帶，以及戰鬥紗布（Combat Gauze）等促凝血衛材，並配合使用氨甲環酸（TXA），以及本篇探討之各項復甦輸液的備製，相信國軍可以在戰鬥救護工作上，大大地提高傷患戰場存活比例。



美軍二戰止血帶(資料來源：
WWW2 US Medical Research
Centre網站)



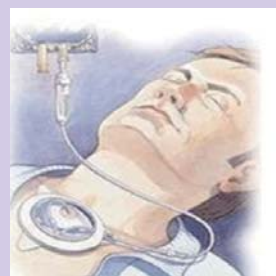
戰鬥用止血帶(CAT)，由左而右分別是作戰用(黑色)、民間警消用(橘色)、訓練用(藍色)。(資料來源：North American Rescue官網)



凝血衛材使用示意圖
(資料來源：SurvivalKit網站)



環甲膜切開術套組及使用示意圖
(資料來源：narescue.com網站)



FAST及使用示意圖
(資料來源：Tactical Combat Casualty Care Nov 2009 on SlidePlayer.com)

圖二 各式戰傷衛材(資料來源：本研究整理)

66 Stiles CM, Cook C, Sztajnkrzyer MD. "A descriptive analysis of tactical casualty care interventions performed by law enforcement personnel in the state of Wisconsin, 2010-2015." Prehosp Disaster Med. 2017 Jun, 32(3): 284-288.