

ARTYKUŁ POGLĄDOWY / REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 06.02.2019 • Zaakceptowano/Accepted: 13.03.2019

© Akademia Medycyny

Terapia krwią i preparatami krwiopochodnymi w medycynie taktycznej *Therapy with blood and its products in combat medicine*

Joanna Wilczyńska

Studium Doktoranckie, Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Centralny Szpital
Kliniczny, Uniwersytet Medyczny w Łodzi



Streszczenie

Jednym z największych wyzwań medycyny taktycznej od wieków pozostaje odpowiednie zaopatrywanie krwotoków i zapewnienie dostępu do krwi i jej produktów rannym we wstrząsie krwotocznym. Podejście do krwioterapii i wytyczne traktujące o niej zmieniały się na przestrzeni lat, tak jak zmieniał się charakter prowadzonych działań wojennych. Jednak krew pełna pozostaje lekiem z wyboru w leczeniu rannych z pola walki znajdujących się we wstrząsie krwotocznym. Różne niezależne badania pokazują, że ryzyko transmisji patogenów podczas transfuzji krwi pełnej, także uzyskanej na teatrze działań wojennych w procedurze Chodzącego Banku Krwi, jest niewielkie. *Anestezjologia i Ratownictwo 2019; 13: 69-73.*

Słowa kluczowe: Chodzący Bank Krwi, medycyna taktyczna, TCCC, transfuzja, przetaczanie płynów, szpital polowy

Abstract

For ages one of the greatest challenges of combat medicine have been proper hemorrhage management and securing access to blood and its products for patients in hemorrhagic shock. The approach to therapy with blood and related guidelines has been changing just like the nature of warfare has been changing over the years. Nonetheless, whole blood remains the drug of choice to be administered to combat casualties with hemorrhagic shock. Various independent studies have shown that the risk of pathogen transmission during transfusion of whole blood, also obtained on the theater of war during Walking Blood Bank procedure, is low. *Anestezjologia i Ratownictwo 2019; 13: 69-73.*

Keywords: Walking Blood Bank, combat medicine, TCCC, transfusion, fluid resuscitation, field hospital

Najczęstszą przyczyną zgonów możliwych do uniknięcia wśród żołnierzy w warunkach bojowych pozostają krwotoki [1-3]. Mimo rozwoju medycyny taktycznej w Globalnej Wojnie z Terroryzmem (*Global War on Terror, GWOT*) krwotoki stanowią przyczynę aż 90% tych zgonów. 67% stanowią śmiertelne rany w obrębie tułowia (*truncal*), 19% w okolicy obręczy barkowej i miednicy (*junctional*) oraz 14% rany kończyn. Dominującym mechanizmem urazów pozostają

amputacje w wyniku wybuchów i rany postrzałowe [1]. W retrospektywnym badaniu kohortowym wykazano, że przetoczenie krwi rannym w stanie wstrząsu krwotocznego w ciągu kilku minut od urazu bądź jeszcze w warunkach przedszpitalnych podczas ewakuacji medycznej zwiększa przeżywalność w ujęciu 24-godzinnym i 30-dniowym w porównaniu z rannymi, u których transfuzja była opóźniona i tych, którym w ogóle nie podano krwi [4]. Dlatego też

zapewnienie rannym potrzebującym transfuzji jak najszybszego dostępu do krwi bądź jej produktów jest ważnym elementem organizacji systemu zabezpieczenia medycznego na teatrze działań wojennych.

W warunkach pokoju, w kraju, za zaopatrzenie w krew i jej produkty w wojskowej służbie zdrowia odpowiada Wojskowe Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa (WCKiK), nad którym nadzór pełni Ministerstwo Obrony Narodowej. WCKiK wykonuje zadania określone w art. 27 ustawy z dnia 22 sierpnia 1997r. o publicznej służbie krwi, a także:

- realizuje zadania w dziedzinie krwiodawstwa i krwiolecznictwa na wypadek wprowadzenia stanu nadzwyczajnego lub w innych sytuacjach kryzysowych,
- gromadzi i utrzymuje zapasy krwi i jej składników dla celów mobilizacyjnych i działań bieżących, podległych lub nadzorowanych przez Ministra Obrony Narodowej,
- zabezpiecza w krew i jej składniki jednostki sojusznice w ramach wsparcia państwa gospodarza,
- kontroluje i ocenia jakość krwiolecznictwa w zakładach opieki zdrowotnej nadzorowanych przez Ministra Obrony Narodowej,
- opracowuje analizy, oceny, ekspertyzy i standardy transfuzjologiczne mające zastosowanie w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, z uwzględnieniem wymogów Organizacji Traktatu Północnoatlantyckiego.

WCKiK jest także uprawniony do współpracy w obszarze krwiodawstwa i krwiolecznictwa z zagranicznymi jednostkami organizacyjnymi służby krwi [5].

Zasady i warunki zaopatrywania krwotoków i leczenia krwią na teatrze działań wojennych zmieniały się na przestrzeni ostatnich 100 lat, tak jak zmieniał się charakter działań bojowych w wojnach prowadzonych w XX i XXI w.

Jedną z największych medycznych spuścizn I wojny światowej jest bank krwi [6]. Jego pionierem był kapitan Oswald H. Robertson, lekarz, ochotnik Armii Stanów Zjednoczonych, który podkreślał konieczność zabezpieczenia krwi do transfuzji w zasobach szpitali znajdujących się w pobliżu linii frontu. Podczas gdy inni przeprowadzali w tamtym czasie okazjonalne bezpośrednie transfuzje tętnica-żyła bądź pośrednie z użyciem strzykawek lub kolb, Robertson od wcześniej wytypowanych uniwersalnych dawców pobierał z żył krew, którą przez gumowe rurki umieszczał w szklanych pojemnikach z roztworem cytrynianu

i dekstrozy, które następnie przechowywał na lodzie do 26 dni i transportował do punktów sanitarnych. Popularyzował wiedzę o transfuzji wśród personelu medycznego na froncie zachodnim I wojny światowej, sam wykonał też setki przetoczeń [7]. Według Hedley'a-Whyte'a i Milamed, do roku 1918 szpitale polowe i stacje sanitarne na froncie zachodnim przetaczały od około 25 do 50 litrów krwi średnio 50 rannym żołnierzom dziennie [8]. W czasie I wojny światowej zaczęto też podawać płyny pacjentom we wstrząsie krwotocznym. Już wówczas zaobserwowano bardzo dobre rezultaty resuscytacji płynowej z użyciem roztworu 0,9% NaCl; z kolei wniosek, iż odpowiedź na ten roztwór jest bardzo dobra, ale krótkotrwała doprowadził do prób zastąpienia go koloidami [9].

Ważnym doświadczeniem wojny domowej w Hiszpanii (1936-1939) było dowiedzenie możliwości transportu magazynowanych zasobów krwi do ciężko rannych żołnierzy. Barceloński Urząd Transfuzji Krwi znajdujący się pod wpływem nacjonalistycznego ruchu generała Francisco Franco dostarczał krew konserwowaną roztworem cytrynianu do wysuniętych punktów medycznych. Krew była przechowywana w warunkach chłodniczych, a następnie transportowana tam w izolowanych pojemnikach. Takie techniki przechowywania i transportu krwi uważa się za rewolucję w resuscytacji pacjentów w stanie wstrząsu krwotocznego [6].

Pierwszą formalną wojskową służbą krwi była brytyjska Army Blood Transfusion Service wraz ze stacją zaopatrzenia w krew Army Blood Supply Depot powołane do życia w 1939 r. w obliczu agresji III Rzeszy na Europę [6]. Głównymi problemami, z jakimi borykała się służba zdrowia w obszarze transfuzjologii podczas II wojny światowej były braki sprzętu do zbiórki krwi, trudności w przechowywaniu głównie krwi pełnej i jej dostarczaniu potrzebującym rannym. Techniki oznaczania grup krwi i jej konserwacji były dopiero rozwijane, z tego powodu u rannych z krwotokami szeroko stosowano osocze, a później roztwory albumin. Na korzyść osocza przemawiała w tamtych czasach łatwość jego otrzymywania, przechowywania i transportu w porównaniu z krwią pełną. Jednakże Czerwony Krzyż uznawał osocze za rozwiązanie zastępcze w przypadku niedostępności krwi pełnej, która to powinna być lekiem z wyboru [6]. Doświadczenia z kampanii afrykańskich, podczas których krew pełna także była lekiem z wyboru i jako jedyna była podawana ciężko rannym przygotowywanym do operacji celem obniżenia śmiertelności i ryzyka zakażenia wspierały to stanowisko [6].

Interwencje zbrojne końca XX wieku, jak Operacja Pustynna Burza, Operacja Gotycki Wąż czy Operacja Przywrócić Nadzieję, znacząco przyczyniły się do rozwoju współczesnej medycyny taktycznej, w tym leczenia krwotoków i wstrząsu krwotocznego. Przedszpitalna resuscytacja płynowa opierała się na podawaniu krystaloidów z uwagi na niedostępność produktów krwi na poziomie I zabezpieczenia medycznego. Jednak ze względu na obserwowane liczne działania niepożądane, takie jak obrzęk płuc, zastoinowa niewydolność serca, niedrożność jelit, koagulopatie, zaczęto poddawać dyskusji wartość resuscytacji płynowej z użyciem jedynie krystaloidów. Ponadto terapeutyczne objętości krystaloidów są znaczne, co czyniło je nieporęcznymi w transporcie na pole walki, dlatego zaczęto rozważać podawanie alternatyw takich jak koloidy. Hextend (hydroksyetylowana skrobia) został przedszpitalnym płynem infuzyjnym z wyboru w sytuacji niedostępności produktów krwi i pozostał nim aż do czasu GWOT [6,10]. W kampanii w Somalii pojawiły się stazy taktyczne, jednak nie były jeszcze szeroko stosowane do zaopatrywania ran kończyn na polu walki, znacznie częściej stosowano je w po przyjęciu pacjenta do placówki poziomu II zabezpieczenia medycznego. Somalijskie doświadczenia doprowadziły jednak do aktualizacji wytycznych ratownictwa taktycznego w warunkach bojowych (*Tactical Combat Casualty Care*, TCCC) i wprowadzenia wymogu używania staz taktycznych [6].

Profil działań wojennych nieprzyjaciela w GWOT zmienił się w porównaniu do poprzednich wojen; obok tradycyjnej broni palnej szeroko wykorzystuje improvizowane ładunki wybuchowe (*Improvised Explosive Device*, IED), co wpływa na charakter odnoszonych obrażeń obserwowanych u rannych. IED powodują około trzy czwarte wszystkich obrażeń bojowych tej wojny [11]. Jednak przeżywalność rannych żołnierzy jest najwyższa w porównaniu z innymi konfliktami zbrojnymi; niewątpliwie przyczyniły się do tego skracanie czasu ewakuacji z pola walki i rozwój technik resuscytacyjnych [6], w tym krwiolecznictwa.

Zasady resuscytacji płynowej w TCCC zmieniły się znacząco na przestrzeni ostatniej dekady, między innymi dzięki doświadczeniom i badaniom z GWOT, a także konfliktów ją poprzedzających [6]. Obecnie TCCC u rannych we wstrząsie hipowolemicznym spowodowanym masywnym krwotokiem zaleca podanie (w kolejności od najbardziej do najmniej zalecanych):

- krwi pełnej lub

- osocza, koncentratu krwinek czerwonych (RBC) i płytek krwi w stosunku 1:1:1 lub
- osocza i koncentratu krwinek czerwonych w stosunku 1:1 lub
- osocza liofilizowanego, płynnego bądź świeżego mrożonego (po rozmrożeniu) lub
- koncentratu krwinek czerwonych.

W przypadku niedostępności krwi lub jej produktów płynem z wyboru pozostaje Hextend, a jeśli jest niedostępny krystaloidy – mleczan Ringera bądź roztwór Plasma-Lyte A. Stan rannego należy oceniać po podaniu każdej jednostki preparatu krwi bądź płynu, a resuscytację płynową prowadzić do uzyskania wyczuwalnego tętna na tętnicy promieniowej, poprawy stanu świadomości bądź uzyskania ciśnienia skurczowego na poziomie 80-90 mmHg [12].

Niedawne badanie Bjerkviga i wsp. sugeruje, że transfuzję świeżej krwi pełniej można przeprowadzić także doszpikowo, na przykład przy użyciu dostępu doszpikowego FAST1; w ciągu jedenastu minut możliwe jest podanie jednej jednostki ciepłej świeżej krwi pełniej (*Warm Fresh Whole Blood*, WFWB) [13]. Jest to bardzo cenny wniosek dla medycyny taktycznej, z uwagi na stan, w jakim często znajdują się poszkodowani na polu walki wymagający transfuzji krwi i związanych z tym trudności z uzyskaniem u ich dostępu naczyniowego.

Niektóre armie podają krew bądź jej produkty jeszcze na polu walki i podczas ewakuacji medycznej do wyższego poziomu zabezpieczenia medycznego [3,4,14]. Procedury armii amerykańskiej przewidują transport i podanie produktów krwi (krwi pełniej bądź osocza i koncentratu krwinek czerwonych) na pokładzie śmigłowca ratowniczego (DUSTOFF) [4,14].

Dostarczanie leków, w tym krwi pełniej i jej produktów, na teatr działań wojennych z zachowaniem zimnego łańcucha jest ogromnym wyzwaniem logistycznym. Kiedy zapasy krwi są niewystarczające, istnieje możliwość wdrożenia procedury Chodzącego Banku Krwi (*Walking Blood Bank*, WBB), w której od obecnego na teatrze personelu pozyskuje się świeżą krew pełną (*Fresh Whole Blood* FWB). Taka zbiórka może być ogłoszona w placówce zabezpieczenia medycznego II [15] czy III poziomu [3], ale bywa przeprowadzana także przez medyków, na przykład oddziałów specjalnych, jeszcze na polu walki [3].

Polski Szpital Polowy w wysuniętej bazie operacyjnej (*Forward Operating Base* – FOB) w Ghazni w Islamskiej Republice Afganistanu posiadał zapasy

krwi pełniej, osocza i płytek krwi [2], które pochodziły z amerykańskich wojskowych centrów krwiodawstwa (15). Na jego wyposażeniu znajdował się także nowoczesny sprzęt do resuscytacji płynowej i transfuzji, w tym płytki do określania grup krwi i czynnika Rh pozwalające dokonać oznaczenia w ok. 30 sekund (Eldon Card), cieplarka do płynów infuzyjnych, mankiety ciśnieniowe do worków z płynami infuzyjnymi oraz aparaty do szybkiego przetaczania płynów i krwi Level I Hotline (Smiths Medical) i aparat Belmont (Belmont Instrument Corporation) [2]. Level I, w którym płyny umieszcza się w dwóch komorach generujących ciśnienie 300mmHg, umożliwia podgrzanie płynów i krwi do temperatury 42°C [16] i przetoczenie z prędkością zależną od stosowanego zestawu do przetoczeń – zestaw D50 pozwala na infuzję z prędkością 300ml/min, z kolei DL-300 pozwala na przetaczanie z prędkością 1000ml/min [2,16]. Aparat Belmont posiada zakres prędkości przetaczania od 2,5 ml/min do 1000 ml/min [17].

W sytuacji, kiedy zgromadzone zapasy krwi i jej produktów były niewystarczające organizowano WBB. Większość uczestników polskiego WBB była aktywnymi dawcami krwi w kraju. W latach 2011-2013 w polskim WBB zarejestrowano 320 potencjalnych dawców, z których, po odpowiednim screeningu, zaakceptowano 169 [15].

Krew znajduje się na liście substancji leczniczych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) i jako lek może powodować pewnie działania niepożądane; do najczęstszych działań niepożądanych po podaniu produktów krwi należą zakażenia bakteryjne, ostry odczyn hemolityczny, przeciążenie krążenia, ostre uszkodzenie płuc czy choroba przeszczep przeciwko gospodarzowi [3]. Przetaczanie krwi pełnej, szczególnie pozyskanej w procedurze WBB, w swojej naturze może stwarzać ryzyko transmisji patogenów od dawcy do biorcy. Szczególnie w warunkach bojowych jest ono wyższe niż w lecznictwie cywilnym w warunkach pokoju. Zasady doboru dawców w WBB są inne niż te stosowane przez centra krwiodawstwa w kraju, również panel badań screeningowych jest węższy. Polskie centra krwiodawstwa działają zgodnie z dyrektywami Komisji Europejskiej jak i wytycznymi krajowego prawodawstwa, które określają szereg restrykcyjnych wymogów dla krwi i jej produktów użytych do transfuzji. Zgodnie z tymi wymogami krew może być przetoczona tylko i wyłącznie, jeśli zostały oznaczone markery chorób transmitowanych przez krew; krew pełna jest badana w kierunku antygenów HBs, przeciwciał anti-HIV 1

i 2, RNA wirusa HCV i HIV, DNA wirusa HBV oraz w kierunku kiły. Do badania używa się metod biologii molekularnej. Screening krwi pobieranej w ramach WBB jest węższy, szczególnie w przypadku zdarzeń masowych (*mass casualty*, *MASCAL*). W Polskim Szpitalu Polowym w Ghazni przed oddaniem krwi każdy z potencjalnych dawców wypełniał skrócony kwestionariusz dawcy, zgodny z tym używanym przez służby medyczne armii amerykańskiej. Następnie potencjalni dawcy byli badani pod kątem zakażenia wirusem HIV, WZW B i C, kiły i malarii; oznaczano także parametry morfologii krwi oraz grupę krwi w układach AB0 i Rh. Mimo rozważań, krwi potencjalnych dawców nie badano w kierunku leishmaniozy gdyż nie ma wymogów prawnych sankcjonujących takie badanie, ponadto ryzyko transmisji podczas transfuzji jest bardzo niskie. Jednakże odrzucano kandydatów z wrzodziejącymi zmianami skórnymi i limfadenopatią [15].

W przeciwieństwie do praktyk krajowych, badań krwi w WBB nie przeprowadzano technikami biologii molekularnej, gdyż Polski Szpital Polowy nie miał odpowiedniego zaplecza technicznego niezbędnego do przeprowadzenia takich testów, jednak centryfugowane próbki były transportowane do kraju i badane tymi metodami retrospektywnie. Za przeprowadzenie testów odpowiadał WCKiK. Wyniki dla wszystkich próbek przebadanych do roku 2014 były ujemne [15].

Wytyczne Armii Kanadyjskiej dotyczące przetaczania FWB pozyskanej z WBB wymagają jeszcze dodatkowych badań serologicznych biorcy po 6 i 12 tygodniach oraz po 6 miesiącach od transfuzji [3].

Mimo ograniczonego zakresu badań krwi pobieranej i przetaczanej w warunkach bojowych, dotychczasowe doświadczenia pokazują, że ryzyko wystąpienia powikłań zarówno dla dawców, jak i biorców jest tylko nieznacznie wyższe niż w środowisku cywilnym w warunkach pokoju – potwierdza to retrospektywna analiza ponad 6 tysięcy jednostek krwi pełnej przetoczonej przez siły amerykańskie podczas działań w Iraku i Afganistanie. Na 2831 próbek krwi pełnej przebadanych w latach 2003-2008, markery wirusa HCV zostały wykryte w trzech, a wirusa HTLV w dwóch próbkach [18].

Stosunek korzyści do ryzyka przemawia zatem za podawaniem krwi pełnej, także tej pozyskanej w ramach WBB poddawanej lżejszemu reżimowi screeningowemu, pacjentom z krwotokami i wstrząsem hipowolemicznym leczonym w warunkach bojowych.

Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

Adres do korespondencji / Correspondence address

✉ Joanna Wilczyńska

Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii

Centralny Szpital Kliniczny

Uniwersytet Medyczny w Łodzi

ul. Pomorska 251; 92-213 Łódź

☎ (+48 42) 201 44 40

✉ j.a.wilczynska@gmail.com

Piśmiennictwo/References

1. Eastridge BJ, Mabry RL, Seguin P, Cantrell J, Tops T, Uribe P i wsp. Death on the battlefield (2001-2011): Implications for the future of combat casualty care. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(6 suppl 5):S431-7.
2. Machała W, Brzozowski R, Wiśniewski T, Guła P, Aszkielaniec Z. Chory po urazie – czynności medyczne podejmowane we wczesnym okresie po przyjęciu do szpitala. Doświadczenia polskiego szpitala polowego w Afganistanie. *Anest Ratow.* 2013;7:78-87.
3. Beckett MA, Callum J, da Luz LT, Schmid J, Funk C, Glassberg E i wsp. Fresh whole blood transfusion capability for Special Operation Forces. *Can J Surg.* 2015;58(3 suppl 3):S153-6.
4. Shackelford SA, del Junco DJ, Powell-Dunford N, Mazuchowski EL, Howard JT, Kotwal RS i wsp. Association of Prehospital Blood Product Transfusion During Medical Evacuation of Combat Casualties in Afghanistan with Acute and 30-Day Survival. *JAMA.* 2017;318(16):1581-91.
5. Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 28 października 2004 r. w sprawie utworzenia Wojskowego Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa (Dz.U.z 2004r.,Nr243,poz.2433).
6. Bradley M, Nealeigh M, Oh JS, Rothberg P, Elster EA, Rich NM. Combat casualty care and lessons learned from the past 100 years of war. *Curr Probl Surg.* 2017;54:315-51.
7. Hess JR, Schmidt PJ. The First Blood Banker: Oswald Hope Robertson. *Transfusion.* 2000;40:110-3.
8. Hedley-Whyte J, Milamed DR. Blood and War. *Ulster Med J.* 2010;79(3):125-34.
9. Archibald EW, McLean WS. Observations Upon Shock, With Particular Reference to the Condition as Seen in War Surgery. *Ann Surg.* 1917;66(3):280-6.
10. Butler FK, Holcomb JB, Schreiber MA, Kotwal RS, Jenkins DA, Champion HR i wsp. Fluid Resuscitation for hemorrhagic shock in tactical combat casualty care: TCCC guidelines change 14-01-2 June 2014. *J Spec Oper Med.* 2014;14(3):13-38.
11. Belmont PJ, Schoenfeld AJ, Goodman G. Epidemiology of Combat Wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: orthopedic burden of disease. *J Surg Orthop Adv.* 2010;19(1):2-7.
12. Taktyczna Pomoc Rannym na Polu Walki – Wytyczne dla Personelu Medycznego z dn. 31 stycznia 2017 r.
13. Bjerkvig CK, Fosse TK, Apseth TO, Sivertsen J, Braathen H, Eliassen HS i wsp. Emergency Sternal Access for Warm Fresh Whole Blood Transfusion in Damage Control Resuscitation. *J Trauma Acute Care Surg.* 2018;84:S120-4.
14. Malsby RF, Quesada J, Powell-Dunford N, Kinoshita R, Kurtz J, Gehlen W i wsp. Prehospital blood product transfusion by U.S. Army MEDEVAC during combat operation in Afghanistan: a process improvement initiative. *Mil Med.* 2013;178(7):785-91.
15. Olszewski A, Korzeniewski K, Lass A. Selected Epidemiological aspects of fresh whole blood application in the Polish Field Hospital in Afghanistan. *Int Marit Health.* 2014;65(1):23-7.
16. Broszura użytkownika aparatu Level 1-H 1200 Fast Flow Fluid Warmer. <https://www.smiths-medical.com/>.
17. Broszura użytkownika aparatu Belmont Rapid Infuser. <https://www.belmontinstrument.com/>.
18. Spinella PC, Perkins JG, Grathwol KW, Repine T, Beekley AC, Sebesta J i wsp.; 31st Combat Support Hospital Research Working Group. Risks associated with fresh whole blood and red blood cells transfusions in a Combat Support Hospital. *Crit Care Med.* 2007;35:2576-81.