

# GONDOLATOK A HADSZÍNTÉRI VÉRELLÁTÁSRÓL

DOI

<https://doi.org/10.29068/HO.2025.3-4.79-93>

SZERZŐ

Simon Anikó százados, MH Egészségügyi Központ, a Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola doktorandusza (ORCID: 0009-0008-0017-7013, MTMT: 10094992)

KULCSSZAVAK

vérellátás, hadszíntér, egészségügyi tervezés, kockázat

ABSZTRAKT

*A hadszíntéri vérellátás összetett és szenzitív kérdéskörei sok esetben szakmai határterületeket érintenek, valamint sok megválaszolatlan kérdést és kielemező gondolatot indítanak útjukra. Egy hadszíntéri vérellátó rendszer működtetése a katonai és civil kapcsolattartást igénylő, megfeszített csapatmunka eredménye, melynek pillérei az egészségügy különböző szakterületei mellett a civil–katonai kapcsolatok, valamint a jog és a logisztika.*

## HÁTTÉR

A vérellátás rendszere komplex, folyamatos utánpótláson alapul. Az EU- és NATO-tagországokban egyaránt hasonlóan, egy irányba változik, mégis a különböző szigorú nemzeti szabályozások alapján működik.

Magyarországon a vérrel és vérkészítményekkel kapcsolatos feladatokat az Országos Vérellátó Szolgálat<sup>1</sup> végzi az 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről<sup>2</sup>, a 18/1998.(XII. 27.) EüM rendelet<sup>3</sup>, valamint a 323/2006. (XII. 23.) Kormányrendelet<sup>4</sup> alapján.

Hazánkban a kórházi, sürgősségi ellátás biztosításához évente minimum 400 000 véradásra van szükség, hogy megfelelő mennyiségű vérkészítmény

álljon rendelkezésre minden egyes vércsoportból. A transzfúzió alkalmazásának egyik legösszetettebb részével egy több nemzetet érintő feladat-végrehajtás során találkozhatunk. Ennek oka a nemzeti szabályozások közötti különbség.

A logisztikai kérdések megértéséhez tudnunk kell, hogy mi történik a vérrel a vérvételi zsákba kerülése után. A levett teljes vért a feldolgozás megkezdéséig szobahőmérsékleten kell tartani, ezért 20 °C-os hűtőbetétekre helyezik a véradás helyszínén, és azokon tartják a szállítás időtartalma alatt. A feldolgozást szeparátorgépek és centrifugák segítségével laboratóriumi körülmények kö-

1 323/2006. (XII. 23.) Kormányrendelet.

2 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről.

3 18/1998.(XII. 27.) EüM rendelet.

4 323/2006. (XII. 23.) Kormányrendelet.

zött végzik, ahol vizsgálják a vér mennyiségét és minőségét is.

Egy egység (500 ml) teljes vérből vörösvérsejt-koncentrátum, friss, fagyasztott plazma (FFP) és különböző trombotikakészítmények állíthatók elő, melyek tárolási ideje és módja is különböző.

A vörösvértest-készítmény 2–4 °C-on hűtőszekrényben tárolva 35 napig hasz-

nálható fel. A leggyakrabban előállított trombotikakészítményt rázógépen kell tartani (a tromboticák összetapadásának elkerülése érdekében) 20–24 °C-on, és legfeljebb 5 napig használható fel. A plazmakészítmények azonban –25 °C alatt tárolva 2 évig használhatók fel.

## A HADSZÍNTÉR DIFFERENCIÁI

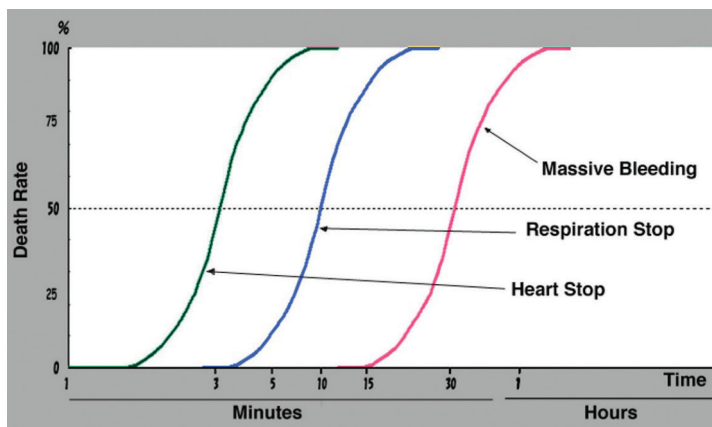
Védekező harci műveletet kiváltó katonai események során előfordulhat, hogy magasabb számú sérült keletkezik és nagyobb vérvesztés következik be, mint amennyivel korábban az egészségügyi tervezés időszaka alatt veszteségszámításként kalkuláltunk. A fronton elszenvedett traumákból eredő vérvesztés a leggyakoribb halálok a katonai műveletek során, a vezető harctéri gyilkos.

I. A sérült katona ellátása közben szükség lehet a vérzés gyors és hatékony szabályozására és azonnali vérátömlesztésre is. (1. kép) Ebben a helyzetben a végtagok sérülései dominálnak. Az amerikai sebészek iraki hadszíntéren, 2006-ban szerzett tapasztalatai<sup>5</sup> azt mutatták, hogy a végtagsérülések a beavatkozások 50–70%-át teszik ki, és a végtagsébektől történő kivérzés (mint



**1. kép.** Transzfúzió a harctéren (forrás: <https://www.defence.gov.au/news-events/news/2024-03-28/blood-lifeline-frontline>)

5 STARNES, B. W. és mások: *Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war.*



**1. ábra.** Golden Hour (aranyóra) (forrás: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Golden\\_hour\\_graph.png?20120217052947](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Golden_hour_graph.png?20120217052947))

hatalmas vérvesztés) a megelőzhető halál vezető oka a modern hadszíntéren.

II. A túlélést növelő egyik tényező a mielőbbi helyszíni sürgősségi sebészeti ellátás, melynek egyik alapvető feltétele a megfelelő minőségű és mennyiségű vérellátás biztosítása. Amikor a sebesült katona számára az úgynevezett „aranyóra”<sup>6</sup> kezdetét veszi, minden másodperc számít, ahogy minden csepp vér is (1. ábra). Ilyenkor gyors elsősegélynyújtás és gyors vérpótlás a cél, az idő minden érintett számára kritikus tényező. A sebesültek gyors vérellátása életmentő lehet. Növeli a magasabb szintű ellátás felé vezető út, ezáltal a beteg túlélési esélyét is.

Ahogy a világ hadseregei átstrukturálódnak egy lehetséges nagyszabású háborúra készülve, az egészségügyi szolgálatok feladatainak tervezői felismerik, hogy egy háborús konfliktusban napokig tarthat<sup>7</sup> a betegek teljesen felszerelt kórházakba juttatása, a hőmérséklet-szabályozott vérkészítmények frontvonalba juttatása pedig még nehezebb lehet.

A vérkomponens-terápia biztosítása azonban műveletben részt vevő katonák számára távoli, harctéri környezetben óriási logisztikai kihívás. A friss, teljes vér (Fresh Whole Blood – FWB) transfúziója megoldást jelenthet erre a problémára.

## FRISS, TELJES VÉR

Háborús környezetben a logisztikai korlátok speciális körülményekhez vezethetnek, ezért a szabályozott és jóváhagyott forrásból származó vérkészít-

mények mindig előnyösebbek. A sétáló vérbankok (walking blood bank) használata felismert és elismert lehetőség, amelynek előnye a költséghatékonysága

<sup>6</sup> Golden Hour.

<sup>7</sup> EASTRIDGE, B. J. és mások: *Death on the battlefield (2001–2011) – implications for the future of combat casualty care.*

mellett, hogy a vérátömlesztés a lehető legközelebb kezdődik el, elérhető és növeli a túlélési arányt. A hátránya is a harci környezetből adódik, ugyanis a véradó nem mindig érhető el azonnal, vagy maga is sérült, illetve jelentős hátrány lehet az adományozói stressz és kötelesség érzete is. A szakirodalomban vannak esetleírások a friss, teljes vér sikeres alkalmazásáról a különleges erők műveleti környezetében.<sup>8</sup>

Az ötlet nem új: egy 2006-os traumatológiai tanulmányi dokumentumban<sup>9</sup> már leírták, hogy az amerikai katonáorvosok minden nagyobb konfliktusban friss donorvért használtak fel, mióta a technika megjelent az első világháború alatt. A legtöbb katonai kórház regisztrálta az alakulatok katonáinak vércsoportját tömeges szükség esetére, amit nevezhetünk harci irányított véradásnak.

A hadszíntéri transzfúzió gyakorlata egyre közelebb került a frontvonalhoz. Egyre gyakoribb, főként a különleges műveletek során, hogy emberből emberbe teljes vérátömlesztés történik egy tízperces folyamatban, mely alatt egy katona vért ad át egy transzferzsákba, majd visszatér a harcba, miközben vérét egy sérült társának beadják (Afganisztán, 2019).

Az eljárást a NATO STANAG 2939 szabvány (Minimum Requirements for Blood, Blood Donors and Associated Equipment) részletezi.<sup>10</sup> A módszer technikai elsajátítása jelenleg még szakmai tanulási folyamat elé állítja a szakállományt, és a jövő kihívásai közé tar-

tozik. Gyakorlati alkalmazása azonban akár már ROLE 1 szinten is segítséget nyújtana a sérültek eredményesebb evakuálásában, a várható túlélési esélyük növelésében.

Természetesen ez egy komplex feladat, nem lehet csak erre építeni egy vérellátási rendszert, sem a technikai és anyagi háttér, sem a megfelelő donorok elérhetősége miatt. Erre fókuszált a norvég Blood Far Forward 2010-es agresszív képzési és kutatási program a különleges műveletekben, amelynek célja a harctéri túlélés javítása a kórház előtti teljes vérátömlesztés biztonságos módszerének kidolgozásával.<sup>11</sup> A programban – amelyben részt vett a Haukeland Egyetemi Kórház, valamint a Norvég Fegyveres Erők Egészségügyi Szolgálat, a Norvég Hadsereg Különleges Műveleti Parancsnoksága és az Amerikai Hadsereg Sebészeti Kutatóintézete – a vérellátás modellje a hadi vérbankon és a bajtársi transzfúzió alapul.

A különleges műveleti erők általában különböző kijuttatási módokkal – helikopterrel, hajóval, repülővel, terepjáróval, búvárfelszereléssel stb. – jutnak el a kijelölt területre, majd gyalogosan hajtják végre feladataikat. Az FWB-képesség fenntartásához, a minimális vércsoport-meghatározáshoz és a transfundáláshoz nélkülözhetetlen kiegészítő felszerelésre van szükség.<sup>12</sup> Ezenkívül az FWB-nek vannak biológiai előnyei is: a jelentések szerint megnövekedett véralvadásifaktor-aktivitással, friss vérlemezkeforrással és megfelelő hőmérséklettel

8 PubMed: *Role 3 Multinational Medical Unit, Kandahar Airfield, Afghanistan.*

9 STARNES, B. W. és mások: *Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war.*

10 NATO STANAG 2939.

11 BECKETT, A. és mások: *Fresh whole blood transfusion capability for Special Operations Forces.*

12 Uo.

rendelkezik. Ezáltal szükségtelemmé válik a folyadékmelegítő. A vérlemezkéket egyébként is nehéz, ha ugyan nem lehetetlen szállítani és használni egy, a vérvételtől távoli környezetben.

A különleges műveleti FWB-donorok közvetlen kockázatai közé tartozhat a gyűjtés során fellépő hipotenzió és az adományozás utáni csökkent fizikai tolerancia. A norvég csoport által végzett munka azt mutatta ki, hogy 1 E (egység) vér adományozása nincs hatással a különleges műveletek operátoraira a harcérintkezés és a nehéz fizikai megterhelés tekintetében; azonban megjegyezték, hogy ez a kísérlet nem harci körülmények között zajlott, ahol az intenzív fizikai stressz, az éhség és a kiszáradás jelentős tényezőkké válhatnak.

Nem vették figyelembe annak hatását sem, hogy a donor megsérülhet az adományozás után. A legtöbb betegnek – ebben a harci környezetben – sérülés-kontrollos újraélesztésre (*Damage Control Resuscitation, DCR*) és nagy mennyiségű volumenpótlásra van szüksége műveleti ellátás során. Így a katonák kivérzése sok esetben sokkal intenzívebb az 1 egységnél, viszont több FWB adományozása magas kockázattal jár a műveletre nézve, ami szintén elhanyagolt tényező volt a vizsgálat során.

A különleges műveleti katonák FWB-adományozásának késői kockázatai többnyire adminisztratív és etikai jellegűek. Ha az előzetes szűrés kizárja, hogy egy különleges műveleti katona a küldetés előtt adományozzon FWB-t, ez a helyzet (az előzetes szűrés eredményének) változásával, később adminisztratív

következményekkel járhat az adott katona számára. Ez számos titoktartási és/vagy megbélyegzési problémához is vezethet, ami mentális gondot okozhat a jövőben a csapathoz történő visszaintegrálási folyamatban vagy egyéb társas kapcsolatok terén is.<sup>13</sup> Mindemellett a jövőben szerepet kaphat egy FWB-transzfúziós képesség létrehozása a különleges műveleti katonák számára, akik nagy kockázatú küldetéseket végeznek szigorú körülmények között, távoli helyeken.

Az FWB korai kockázatai közé tartozik a vérkészítmények fogadásának minden ismert kockázata, beleértve a bakteriális szennyeződést, az anafilaxia kockázatát, a transzfúzióval összefüggő túlterhelést és akut tüdőszűrülést, valamint a hemolízissel járó (az ABO eltéréseiből vagy másból adódó) akut transzfúziós reakciót. Az FWB által okozott akut transzfúziós reakciók kockázata valószínűleg magasabb, mint az a kockázat, amit az ellenőrzött, béketerületi transzfúziós terápia esetén tapasztaltunk, bár a rizikófaktor még mindig sokkal alacsonyabb, mint a vérzés okozta halálozás aránya ebben a populációban.<sup>14</sup>

Az FWB-transzfúzióban részesülők késői kockázatai közé tartozik a transzfúzióval átvitt fertőzéseknek való kitettség és az esetleges szerokonverzió. Az iraki háború (2003–2007) időszakában egy egyesült államokbeli klinikai tanulmány<sup>15</sup> során közelmúltbeli konfliktusokból 761 FWB-transzfúziót vizsgáltak meg azoknál a recipiensknél, akik elérhetőek voltak a nyomon követésre. Csak egy esetben találtak problémát, a recipiens szerokonverzióját

13 Uo.

14 Uo.

15 HAKRE, S. és mások: *Transfusion-transmissible viral infections among US military recipients of whole blood and platelets during Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom.*

hepatitis C-vírus terjedésével. Az összesen 500 betegen végzett szerológiai előszűrés négy hepatitis C-esetet (HIV-fertőzést nem) és két krónikus hepatitis B-fertőzést tárt fel. Halálos kimenetelű Graft-versus-Host Disease (GvHD) kórfolyamat is előfordult az FWB-transzfúziót követően a harcban megsérült betegeknél.

Az FWB-transzfúzió kimenetelére vonatkozó bizonyítékok gyengék,<sup>16</sup> többnyire történeti beszámolókból, esetjelentésekből, retrospektív adatokból és egy kis esetszámú, randomizált vizsgálatból állnak. Életmentő lehet azonban műveletek alatt, speciális környezetekben az instabil állapotú katonák számára, ha a rendszeres vérkomponens-terápia nem áll rendelkezésre. Alkalmazása előtt a sérült katonát először a taktikai

harc sebesültellátási elvek szerint kell ellátni, ezután mérlegelni kell az FWB beadásának kockázatait és előnyeit. Az alkalmazás lehetőségének mérlegelésekor a döntési folyamatot befolyásoló információ az, hogy a vérzés okozta halálozás kockázatának meg kell haladnia az FWB-transzfúzió kockázatait.<sup>17</sup>

Friss, teljes vért csak akkor szabad terápiás lehetőségként figyelembe venni, ha észszerű remény van a vérzés gyors megfékezésére, miközben a donor autonómiáját és biztonságát is tiszteletben kell tartani. Bár a súlyos vérzéses sokk eseteinek kezelésében jó eredményeket mutat, a meglévő bizonyítékok továbbra is korlátozottak, így a használatához kidolgozott koncepcióra, protokollokra, valamint további vizsgálatokra van még szükség.<sup>18</sup>

## DONORSZŰRÉS

A véradásnak önkéntesnek kell lennie. A bevetés előtti szűrést szabványos hatósági szűrési és interjúk űrlapokkal, ABO és RhD vércsoport-meghatározással, illetve szerológiával kell végezni: ennek során szifilisz, hepatitis B és C, humán T-sejtes limfómavírus, Trypanosoma cruzi, valamint nukleáris amplifikáció segítségével hepatitis B és C, HIV és nyugat-nílusi vírus (WNV) szűrése történik. Az „alacsony” anti-A, anti-B titerrel rendelkező potenciális O típusú donorokat (az alacsony titerek meghatározása országonként eltérő) preferenciális donorként kell azonosítani.

A hosszú bevetések során a korábban jóváhagyott donorokat három hónapos időközönként újra kell szűrni. Az FWB-transzfúziót szabványos módon kell begyűjteni, kereskedelmi forgalomban kapható citráttartalmú tasakokba, amelyeket kifejezetten távoli vagy bajtársi vérátömlesztésre terveztek. Ideális esetben a fent részletezett szűrést, valamint a keresztegyezési és gyors szerológiai vizsgálatot is el kell végezni a donorvéren a transzfúzió folyamatának megkezdése előtt. Az időfaktor és a logisztikai szempontok azonban megakadályozhatják ezeket a folyamatokat.

<sup>16</sup> Uo.

<sup>17</sup> SPINELLA, P. C. és mások: *Risks associated with fresh whole blood and red blood cell transfusions in a combat support hospital.*

<sup>18</sup> RIPOLL-GALLARDO, A. és mások: *Fresh whole blood: A feasible alternative in disasters and mass casualty incidents? A systematic review and meta-analysis.*

Először az ABO- és RhD-kompatibilis donorokat kell használni. A következő legjobb választás az univerzális donorok (O negatív, alacsony titerű donorok). Ha a helyzet megengedi, rögzíteni kell az adott FWB mennyiségét és a donorok adatait.

Azon FWB-recipienteket, akik túlélték a sebészeti létesítmények vagy egységek közötti átadást, folyamatosan ellenőrizni kell a transzfúziós reakciók szempontjából. Ha a recipiens szerokonvertálódik az FWB után, a donor felkutatása és kivizsgálása szükséges.

Mind a donor, mind a recipientek számára meg kell őrizni az orvosi titoktartást, mivel ez enyhítheti az adott helyzetben esetlegesen jelentkező szorongást.<sup>19</sup>

A Canadian Blood Services és a Canadian Forces „sétáló vérbank” programot szervezett<sup>20</sup> 2006-ban az afganisztáni Kandahár tartományban szolgáló katonák számára. A Canadian Blood Services előzetesen átvizsgálta a csapatokat a bevetésük előtt, hogy az afganisztáni kanadai erők hozzáférhessenek az ügyeletes donorokhoz abban az esetben, ha nagy mennyiségű vérre lenne szükség, vagy ha a készletek kimerültek.

Az amerikai szárazföldi erők (US Army) már a második világháborúban használták ezt a módszert, a Field Blood Banks rendszerét. A teljes vért az azonnal rendelkezésre álló donorktól gyűjtötték be, és rögtön a helyszínen fel is használták (Buddy Transfusion) vagy a lehető legtávolabbra szállították, a kórház előtti területre, ahol – lehetőség szerint közvetlenül a sérülés közelében – használták fel, távol a magasabb szintű egészségügyi és sebészeti támogatástól.<sup>21</sup>

A tapasztalatok alapján ezt a módszert elhagyták, mert súlyos transzfúziós reakciókat váltott ki, így a második világháború után az egyes komponensek (vörösvértestek és plazma) külön-külön történő használatát preferálták. A vér alkotórészeinek alaposabb megismerésével és az idő múlásával, valamint a próbálkozások és tévedések hatására azonban újra felmerült a teljes vér használatának lehetősége. Az amerikai „alacsony titerű, nullás vércsoportú teljes vér” (Low Titer O Whole Blood, LTOWB) program az egyik legjobb példa a teljes vér hadművelleti területen történő felhasználásának bemutatására.<sup>22</sup>

## ALACSONY TITERŰ, NULLÁS VÉRCSOPORTÚ TELJES VÉR

Az antitestek magas szintje transzfúziós reakciókat válthat ki más vércsoportú betegeknél. Az LTOWB program módszere alapján ezért antitest-titeresztet végeznek a donorokon, valamint olyan donorktól gyűjtenek vért, akik esetében alacsony az anti-A és anti-B antitestek

szintje. Így az LTOWB bármelyik vércsoportba tartozó sérültnek adható. Az alacsony titer miatt – amelyet mostanában a súlyos transzfúziós traumák kezelésére használnak – bizonyos körülmények között jobbnak bizonyul, mint a komponensterápia. A levett vér vörösvértestjei,

19 BECKETT, A. és mások: *Fresh whole blood transfusion capability for Special Operations Forces*.

20 PubMed: *Role 3 Multinational Medical Unit, Kandahar Airfield, Afghanistan*.

21 Emergency War Surgery: *Battlefield Transfusions*.

22 Joint Trauma System: *Transfusion of Type A Whole Blood for the ROLE 3*.

plazmája és vérelemekéi ugyanattól a donortól származnak. Ráadásul, mivel a vér összes alkotórészét tartalmazza, súlyos vérzéses és/vagy traumás esetekben előnyökkel járhat a vörösvértestekkel történő transzfundálással szemben. A több alkalommal transzfúziót kapott harci sérültek túlélési aránya magasabb azoknál a betegekénél, akik a vörösvértestekhez képest megnövekedett plazma- és vérelemek-adagot kaptak.

Az Egyesült Államok Traumaspecifiku Védelmi Kiválósági Központjának (*Defense Center of Excellence for Trauma*) Joint Trauma System programja (JTS) a tárolt teljes vért javasolja a harctéri ellátás prehospitális ellátás során és a katonai kórházi ellátás területén is.<sup>23</sup>

Az iraki és afganisztáni műveletek tapasztalatai és adatai alapján az LWOTB egy értékes képesség, amely biztonságos és hatékony a hadseregek számára. Az iraki és afganisztáni tapasztalatok, a harci körülmények között végzett vérártómlesztések végeredményei igazolták a transzfúziós reakciók alacsonyabb kockázatán keresztül a módszer sikerességét és hatásosságát.

Egy 2012-es tanulmány<sup>24</sup> megállapította, hogy a 2001 és 2011 között Irakban és Afganisztánban bekövetkezett 4596 harci haláleset csaknem egynegyede megelőzhető lett volna. A halálesetek csaknem 90 %-a ugyanis azelőtt történt, hogy a sérült elérte volna az egészségügyi intézményt.

## NEMZETKÖZI EGYSÉG

Átlagszámításkor egy civil közúti baleset esetén az első ellátáshoz 2 egység (E) vérszükséglettel számolunk (1 sérülthez 2 E = 1 liter). Egyes tanulmányok szerint az ellátás alatt összesen szükséges igényelt mennyiség átlagosan 4–7 E/sérült.<sup>25</sup>

A NATO Katona-egészségügyi Szolgáltatfőnökök Tanácsa (COMEDS)<sup>26</sup> vérmunkacsoportja (Blood Working Group) szakértőinek véleménye szerint 8 E teljes vér/fő a kalkuláció alapja harctéri ellátás esetében.

A tervezés alatt végrehajtott becslés során akkor járunk el helyesen, ha az alkalmazott átlagszámítást átültetjük egy hadszíntérre, és itt próbálunk kiin-

dulási átlagot számolni, hozzávetőlegesen – a harcérinkezés módjától, szakszától és időbeni lefolyásától, valamint a környezeti hatásoktól függően: mindezek a tényezők fontos szerepet kapnak a becslési folyamat során. Leegyszerűsítve a képletet, egy hadosztály esetében – 24 000 fős létszámnál – nagyjából 4000 vért igénylő állapotú, harc során megsérült katonával (Wounded in Action, WIA) számolhatunk. Így az igényelt vér mennyisége várhatóan minimum 8000 E, ami persze csökkenhet az időközben elhalálozottak arányával, valamint számolnunk kell azzal a tényvel is, hogy nem egyszerre kapjuk az ellátandó sérülteket (időfaktor). Ennek

23 Joint Trauma System: *Prehospital Blood Transfusion*.

24 EASTRIDGE, B. J. és mások: *Death on the battlefield (2001–2011) – implications for the future of combat casualty care*.

25 DOUGHTY, Heidi, GREEN, Laura: *Transfusion support during mass casualty events*.

26 NATO: *Committee of the Chiefs of Military Medical Services*.

mértéke nehezen becsülhető, így nem befolyásolhatja magát az igényt.

Természetesen ekkora haderő esetén óriási vérmennyiségnek kell rendelkezésre állnia. Ha elindul a felhasználás – a hadműveleti folyamatok függvényében – és a tartalékaink 80% alá csökkennek, maradéktalanul meg kell kezdeni az igénylést a vérpótlásra. Példánkon keresztül megállapíthatjuk, hogy a vérpótlás a harctéri vérellátás alapvető pillére.

A hadszíntéri halálesetek 87%-a prehospitalis környezetben fordul elő, és a potenciálisan megelőzhető halálozás több mint 90%-a vérzés miatt következik be.<sup>27</sup> A prehospitalis vértranszfúzió a sérülést követő 30–40 percen belül beadva drasztikusan csökkenti a vérzéses sokkból eredő halálos áldozatok számát. Ez a tény alátámasztja a kórházi ellátást megelőző időszak jelentőségét.

## LOGISZTIKA

A vérkészítmények lehető leggyorsabb és legbiztonságosabb szállítása jelentős kihívás. Dr. Andrew Beckett őrnagy, a kanadai haderő egészségügyi szolgálatának traumatológusa és dr. Jason Acker, a Canadian Blood Services vezető fejlesztési kutatója 2012-ben együttműködött egy vizsgálatban,<sup>28</sup> amelynek célja a vér távoli csapatokhoz történő gyors szállításához szükséges lépések szimulálása volt.

Valódi harci környezetben<sup>29</sup> ez ejtőernyős ugrást jelent nagy magasságból, durva kezelést, hosszú utakat gyalogosan, valamint a rendkívül meleg éghajlatnak való kitettséget. Az ilyen szállítási körülmények okozta stressz befolyásolhatja a vérkészítmények minőségét és potenciálisan korlátozhatja klinikai hatékonyságukat, vagy akár negatív klinikai hatást is gyakorolhat.

A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a szimuláció során egyetlen időpontban sem azonosítottak szignifikáns különbséget a kontroll- és a tesztvörös-

vértestek között. A speciálisan kialakított szállítódobozok olyan környezetet tudtak fenntartani, amelyben a vörösvértestek minősége még szélsőséges körülmények között is megmaradt.

Mivel a vérlemezkék rövid, ötnapos tárolási idővel rendelkeznek, lehetetlen őket távoli helyekre szállítani. A 42 napos tárolási idejű vörösvértestek szállításának koordinálása is problémás lehet. További kutatásra van szükség annak érdekében, hogy megtalálják a vérlemezkék és vörösvérsejtek tengerentúli szállításának biztonságos módját. Világszerte számos katonai és polgári vérszervezet vizsgálja a mélyhűtött vörösvértestek és vérlemezkék felhasználását katonák és civilek távoli transzfúziós szükségleteinek kielégítésére (akik, amikor szükségük van a vérre, távol vannak a helyi vérbanktól).

Az azonnali transzfúzióhoz rendelkezésre álló plazma jelentheti egy sérült katona számára az életet a halála helyett. A második világháborúban a liofilizált

27 Emergency War Surgery: *Battlefield Transfusions*.

28 RYAN, Jenny: *Battlefield blood drops – getting blood farther forward as safely as possible*.

29 BOSCARINO, Cathy és mások: *Feasibility and transport of packed red blood cells into Special Forces operational conditions*.

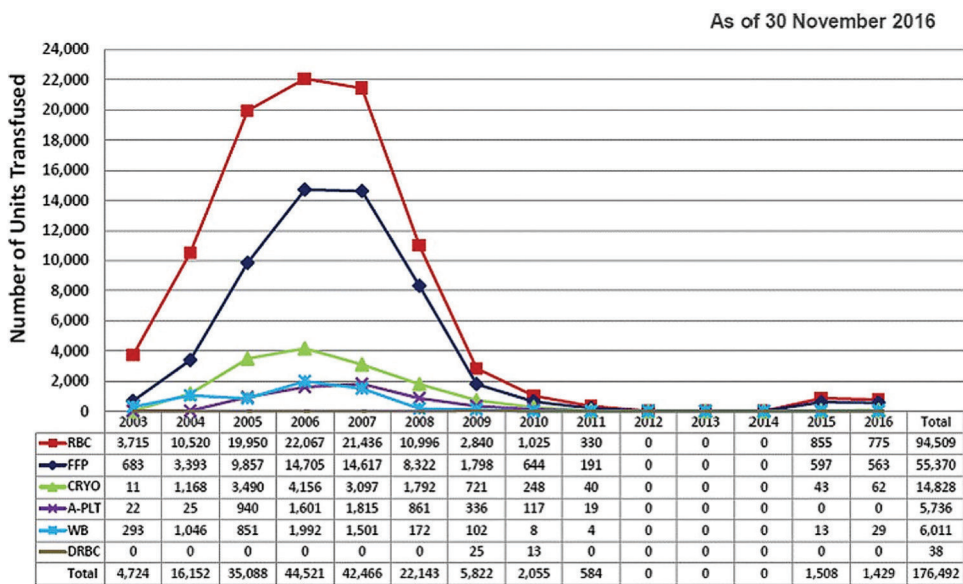
vagy fagyasztva szárított plazmát használtak sérült katonák kezelésére, de a transfúzióval terjedő betegségek miatti aggodalmak hatására később ezt nem alkalmazták széles körben. Ezt a technológiát a távoli katonai és traumás újraélesztéshez tervezték, a vele létre-

hozott termék stabil, könnyen rehidratálható a csatatéren vagy egy baleset helyszínén. Ma már lehetséges modern liofilizált vérszcillapítás és/vagy légi drónok használata is vérszállításra (a hadszíntérre vagy távoli ellátóintézményekhez).<sup>30</sup>

### NAPJAINK TAPASZTALATAI

Az ukrajnai háború a legnagyobb veszteséggel járó harcérintkezés Európában 1945 óta. Eseményei rendkívül fontos tapasztalatokat nyújtanak a harctéri ellátásról és annak jövőbeni kihívásairól.<sup>31</sup>

Elemzésüket kezdjük egy összehasonlítással. Az Egyesült Államok 2001 és 2019 között több mint 7000 katonát veszített Afganisztán és Irak hadszínterein. A 2. ábra az afganisztáni műveletek vérellátási adatait szemlélteti.



**Blood Products Transfused in Iraq Theater of Operations 2003-2016:** Data from the Armed Services Blood Program (ASBP) demonstrating the total number of packed red blood cells (RBC), fresh frozen plasma (FFP), cryoprecipitate (CRYO), apheresis platelets (A-PLT), whole blood (WB), and deglycerized red blood cells (DRBC) transfused per year. Information and data provided courtesy of the ASBPO with permissions.

2. ábra. Az afganisztáni katonai műveletek vérellátási statisztikája (forrás: [https://media.springernature.com/lw1200/springer-static/image/art%3A10.1007%2F540719-017-0083-1/MediaObjects/40719\\_2017\\_83\\_Fig1\\_HTML.gif](https://media.springernature.com/lw1200/springer-static/image/art%3A10.1007%2F540719-017-0083-1/MediaObjects/40719_2017_83_Fig1_HTML.gif))

30 British Society for Haematology: *Trial of drone transport for blood products.*

31 AARON, E. és mások: *Putting Medical Boots on the Ground: Lessons from the War in Ukraine and Applications for Future Conflict with Near-Peer Adversaries.*

Az amerikai veszteségekhez viszonyítva, a 2024-es év második felétől 2025 augusztusáig Ukrajna katonai vesztesége több mint kétszerannyi volt egy év alatt, Oroszországé pedig – egyes amerikai feltételezések szerint – hatszor-hétszer nagyobb.<sup>32</sup> Egy tanulmány szerint 40%-a a sérülteknek maradandó sérülést szenvedett, a sérült katonák többségét (75%) visszaküldték a harcvonalba súlyos, repesz által okozott sebekkel és akár szív- vagy mentális problémákkal.<sup>33</sup> Az ellátáshoz elavult szakanyagokat használtak fel. Ukrajnának 2017 előtt nem volt képzett katonai egészségügyi szolgálata, bár 2022-ben 650 főt képeztek ki 4 hetes oktatás alatt. Az oktatási központ jelenleg 300 fős szakállományt képez ki havonta közvetlenül a harctérre. A hiányosságok között vannak strukturális problémák is: a frontvonalon szolgáló csapatok katonai felszereléseinek utánpótlása nem hatékony, hanem ad hoc jellegű. A rangidős egészségügyi tisztek szolgálati úton megigénylik azokat; az idejüket, amit hasznosabban is tölthetnének, a hátszágnak benyújtott kérelmek, dokumentumok összeállítására fordítják; az igényelt anyagok ráadásul szabálytalanul és kis mennyiségben érkeznek meg, így gyakori feszültségeket okoznak a frontvonalon és a központi egészségügyi ellátó parancsnokságok között. A kórházak esetében ugyan kicsit jobban működik az utánpótlás, de összességében ezek a belső, bürokratikus konfliktusok tovább veszélyeztetik az egyébként is gyenge alapokon álló betegellátást.<sup>34</sup>

A NATO-standardok előírása szerint nemzeti szinten szükséges felkészülni a tömeges áldozatokkal járó Mass Casualty Situation (MASCAL) helyzetek kezelésére.<sup>35</sup> Az előzetes tapasztalatok alapján az orvosok preferálják, hogy a kórházak a háborús harcérintkezések területein kívül, biztonsági zónában működjenek. A vöröskeresztes jelzés kapcsán Ukrajnában levont tanulság nem biztató, a WHO becslése szerint csaknem 900 egészségügyi létesítményt ért támadás eddig a háború alatt (2. kép).



**2. kép.** Támadás egészségügyi szimbólum ellen (forrás: [https://www.thelancet.com/cms/10.1016/S0140-6736\(23\)00387-2/asset/0ff57b72-ed4e-4589-95db-95e0757aa536/main.assets/fx1.jpg](https://www.thelancet.com/cms/10.1016/S0140-6736(23)00387-2/asset/0ff57b72-ed4e-4589-95db-95e0757aa536/main.assets/fx1.jpg))

32 Harvard Kennedy School: *The Russia–Ukraine War Report Card*.

33 RONAN, Laurence: *The War Wounded: A doctor reports 62 miles from Ukraine's front lines*.

34 Uo.

35 NATO STANAG 2879.

## ÖSSZEZÉS

Az amerikai hadsereg a 2000-es évek háborús tapasztalatainak feldolgozása során rájött, hogy a sérült katonák vérátömlesztése teljes vérkészítménnyel hatásosabb, mint annak alkotórészeivel – például plazmával – történő transzfundálással. Az elmúlt időszakban az ukrán egészségügyi minisztérium legalizálta ezt az eljárást, majd egy nemzetközi szakértői csoporttal együttműködve képzéseket indított, melyek felgyorsították a prehospitalis teljes vértranszfundálásának országszerte történő bevezetését.<sup>36</sup>

A King's College London katonaegészségügyi logisztikai szakértője, dr. Ronald Ti szerint a vér stratégiai árucikk a szövetségesek számára. Úgy véli, hogy egy olyan katona-egészségügyi rendszer, amely nem tudja a vérellátást biztosítani, a harci morál rendszerszintű összeomlásának kockázatával jár.

Dr. Ti erre Észtországot hozza fel példaként.<sup>37</sup> Az ország fő békeidőbeli vérkészlete egyetlen háborús nap alatt kimerülhet – NATO-standardok alapján számítva. A vér tárolása ugyanis speciális, és teljesen eltér például a lőszer tárolásától. A friss vér megfelelő körülmények között 35 napig tárolható, a trombocitakészítmények 5 napig, ha fagyasztottak, akár hónapokig is, de a kiolvasztásuk is időbe telik és szigorú

szabályokhoz kötött. Tény, hogy egy katonai sebesültellátó rendszerhez szükség van jól felszerelt műtőasztalokra, magas színvonalon képzett sebészeti csoportokra, fektetőkapacitásra, a sérültszállításhoz megfelelő harci szaktechnikai háttérre, mobilkórházra és laborképességre, valamint folyamatos hadszíntéri vérellátásra.

Ukrajna küzdelme a jövőben számos katona-egészségügyi előnyhöz vezethet. Megmutatja ugyanis, hogyan változtatja meg a technológia a hadiorvoslást. Fejlett országok már tesztelik<sup>38</sup> drónok használatát sérültek és egészségügyi szakanyagok szállítására, Ukrajna viszont saját csapatain tesztelte ezt a megoldást. Használt már nagy teherszállító drónokat, és dróntechnikával végrehajtott egészségügyi kiürítést is alkalmaz (robotic MEDEVAC – robotizált egészségügyi kiürítés).<sup>39</sup>

A gyors technológiai fejlődés hamarosan áttörést hozhat a vérszállítás területén: ahogy a hadszíntér fejlődik, úgy ez is elengedhetlenné válik. Szükséges továbbá, hogy az egészségügyi ellátás területei tovább fejlődjenek, és egészségügyi csapataink hatékonyak maradjanak. Készen kell állniuk arra, hogy választ adjanak az elkerülhetetlen és folyamatosan változó fenyegetésre, amellyel nap mint nap szembesülünk.

36 RYDER Jessica és mások: *Prehospital Whole Blood Transfusion Training in Ukraine: A case study highlighting the efficacy of collaboration and advocacy.*

37 Ti, Roland: *The strategic vulnerability of NATO blood supply logistics: a case study of Estonian national defence.*

38 STEWART, J.: *This startup wants to use drones to drop blood, not bombs.*

39 KIRICHENKO David: *Combat Medicine: A New Era in Ukraine.*

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- 18/1998. (XII. 27.) EüM rendelet: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99800018.eum> (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700154.tv> (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
- 323/2006. (XII. 23.) Kormányrendelet: az Országos Vérellátó Szolgálatról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600323.kor> (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
- AARON, E. és mások: *Putting Medical Boots on the Ground: Lessons from the War in Ukraine and Applications for Future Conflict with Near-Peer Adversaries*. In: *Journal of the American College of Surgeons* 2023/2., 364–373. o. <https://doi.org/10.1097/XCS.0000000000000707> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- BECKETT, A. és mások: *Fresh whole blood transfusion capability for Special Operations Forces*. In: *Canadian Journal of Surgery* 2015/3., 153–156. o. <https://doi.org/10.1503/cjs.012614> (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
- BOSCARINO, Cathy és mások: *Feasibility and transport of packed red blood cells into Special Forces operational conditions*. In: *Trauma Acute Care Surgery* 2014/4., 1013–1019. o. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000000173> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- British Society for Haematology: *Trial of drone transport for blood products*. B-s-h.org.uk., 3 September 2024. <https://b-s-h.org.uk/about-us/news/trial-of-drone-transport-for-blood-products> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- DOUGHTY, Heidi, GREEN, Laura: *Transfusion support during mass casualty events*. In: *British Journal of Anaesthesia* 2022/2., 75–79. o. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.07.027> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- EASTRIDGE, B. J. és mások: *Death on the battlefield (2001-2011) – implications for the future of combat casualty care*. In: *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2012/6., 431–437. o. <https://doi.org/10.1097/ta.0b013e3182755dcc> (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
- Emergency War Surgery: *Battlefield Transfusions*. In: 5<sup>th</sup> United States Revision US Army Medical Department Center and School, Health Readiness Center of Excellence, 471–490. o. <https://medcoeckapwstorprd01.blob.core.usgovcloudapi.net/pfw-images/dbimages/Ch%2032033.pdf> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- HAKRE, S. és mások: *Transfusion-transmissible viral infections among US military recipients of whole blood and platelets during Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom*. In: *Transfusion* 2011/3., 473–485. o. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2010.02906.x> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- Harvard Kennedy School: *The Russia-Ukraine War Report Card*. [Russiamatters.org](https://www.russiamatters.org), Aug. 6, 2025. <https://www.russiamatters.org/news/russia-ukraine-war-report-card/russia-ukraine-war-report-card-aug-6-2025> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- Joint Trauma System: *Prehospital Blood Transfusion*. Clinical Practice Guideline, 30 Oct 2020. [https://jts.health.mil/assets/docs/cpgs/Prehospital\\_Blood\\_Transfusion\\_30\\_Oct\\_2020\\_ID82.pdf](https://jts.health.mil/assets/docs/cpgs/Prehospital_Blood_Transfusion_30_Oct_2020_ID82.pdf) (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- Joint Trauma System: *Transfusion of Type A Whole Blood for the ROLE 3*. Clinical Practice Guideline, 30 May 2025. [https://jts.health.mil/assets/docs/cpgs/Type\\_A\\_Specific\\_WB\\_Transfusion\\_30\\_May\\_2025\\_ID96\\_v1.1.pdf](https://jts.health.mil/assets/docs/cpgs/Type_A_Specific_WB_Transfusion_30_May_2025_ID96_v1.1.pdf) (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- KIRICHENKO, David: *Combat Medicine: A New Era in Ukraine*. [Cepa.org](https://cepa.org), July 16, 2025. <https://cepa.org/article/combat-medicine-a-new-era-in-ukraine> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- Line of Departure: *The pulse of Army Medicine: Ukraine Medical Lessons Learned Report* 2025 June; <https://www.lineofdeparture.army.mil/Journals/Pulse-of-Army-Medicine/Archive/June-2025/UKRAINE-MEDICAL>

- LESSONS (A letöltés időpontja: 2025. október 8.)
- NATO: *Committee of the Chiefs of Military Medical Services*. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_175736.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_175736.htm) (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- NATO Stanag 2879: NATO STANDARD AMedP-1.10, *Medical Aspects in the management of a major incident/ mass casualty situation*. NATO Standardization Office, Ed. B, ver. 1, October 2021. [https://www.coemed.org/files/stanags/03\\_AMEDP/AMedP-1.10\\_EDB\\_V1\\_E\\_2879.pdf](https://www.coemed.org/files/stanags/03_AMEDP/AMedP-1.10_EDB_V1_E_2879.pdf) (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- NATO Stanag 2939: NATO STANDARD AMedP-1.1, *Minimum Requirements for Blood, Blood Donors and Associated Equipment*. NATO Standardization Office, Ed. A Ver. 1, September 2018. [https://www.coemed.org/files/stanags/03\\_AMEDP/AMedP-1.1\\_EDA\\_V1\\_E\\_2939.pdf](https://www.coemed.org/files/stanags/03_AMEDP/AMedP-1.1_EDA_V1_E_2939.pdf) (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
- RONAN, Laurence: *The War Wounded: A doctor reports 62 miles from Ukraine's front lines*. Thinkglobalhealth.org, October 1, 2025. <https://www.thinkglobalhealth.org/article/the-war-wounded-a-doctor-reports-62-miles-from-ukraines-front-lines> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- PubMed: *Role 3 Multinational Medical Unit, Kandahar Air Field, Afghanistan*: In: *The Canadian Journal of Hospital Pharmacy* 2009/3., 244. o. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2829971> (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
- RYAN, Jenny: *Battlefield blood drops – getting blood farther forward as safely as possible*. Canadian Blood Services, blood.ca, July 27, 2016. <https://www.blood.ca/en/research/our-research-stories/research-education-discovery/battlefield-blood-drops-getting-blood> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- RYDER, Jessica és mások: *Prehospital Whole Blood Transfusion Training in Ukraine: A case study highlighting the efficacy of collaboration and advocacy*. 22<sup>nd</sup> Congress on Disaster and Emergency Medicine, May 2023 (published online by Cambridge University Press on 13 July 2023). <https://www.cambridge.org/core/journals/prehospital-and-disaster-medicine/article/prehospital-whole-blood-transfusion-training-in-ukraine-a-case-study-highlighting-the-efficacy-of-collaboration-and-advocacy/3A2821CF74DDA0092284027962E27B76> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- RIPOLL-GALLARDO, A. és mások: *Fresh whole blood: A feasible alternative in disasters and mass casualty incidents? A systematic review and meta-analysis*. In: *Conflict and Health* 2024/18. <https://conflictandhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13031-024-00635-z> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- SPINELLA, P. C. és mások: *Risks associated with fresh whole blood and red blood cell transfusions in a combat support hospital*. In: *Critical Care Medicine* 2025/11., 2576–2581. o. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000285996.65226.a9> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)
- STARNES, B. W. és mások: *Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war*. In: *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2006/2., 432–442. o. <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000197628.55757.de> (A letöltés időpontja: 2025. szeptember 28.)
- STEWART, J.: *This startup wants to use drones to drop blood, not bombs*. Wired.com, May 9, 2016. <https://www.wired.com/2016/05/zipline-drones-rwanda> (A letöltés időpontja: 2025. október 05.)
- TI, Roland: *The strategic vulnerability of NATO blood supply logistics: a case study of Estonian national defence*. In: *Defense and Security Analysis* 2022/4., 369–388. o. <https://doi.org/10.1080/14751798.2022.2076343> (A letöltés időpontja: 2025. október 5.)

## THOUGHTS ON BATTLEFIELD BLOOD SUPPLY

**AUTHOR** Capt. Anikó Simon, HDF Medical Centre

**KEYWORDS** blood supply, theater of war/military field, medical planning, risk

**ABSTRACT** *Theatre-level blood supply is a complex and sensitive topic often touching upon professional frontiers, which initiates numerous unanswered questions and analytical thoughts. Operating a theatre-level blood supply system requires tight CIMIC relations, resulting from intense and coordinated teamwork based on different fields of healthcare, augmented with civil-military cooperation, legal frameworks and logistics.*