

Vysoká škola zdravotnická, o. p. s., Praha 5

**HISTORIE A VÝVOJ KREVNÍCH TRANSFUZÍ
V PŘEDNEMOCNIČNÍ NEODKLADNÉ PÉČI**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DUŠAN CIGÁNIK

Vysoká škola zdravotnická, o. p. s., Praha 5

**HISTORIE A VÝVOJ KREVNÍCH TRANSFUZÍ
V PŘEDNEMOCNIČNÍ NEODKLADNÉ PÉČI**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DUŠAN CIGÁNIK

Stupeň vzdělání: Bakalář

Název studijního oboru: Zdravotnický záchranář

Vedoucí práce: MUDr. Hana Pekarová

Praha

2019

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, že jsem řádně citoval všechny použité prameny a literaturu a že tato práce nebyla využita k získání stejného nebo jiného titulu nebo titulu neakademického.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své bakalářské práce ke studijním účelům.

V Praze dne

Podpis

ABSTRAKT

CIGÁNIK. Dušan. *Historie a vývoj krevních transfuzí v přednemocniční neodkladné péči*. Vysoká škola zdravotnická, o. p. s. Stupeň kvalifikace: Bakalář (Bc.). Vedoucí práce: MUDr. Hana Pekarová. Praha. 2019. 42 s.

Tato bakalářská práce poskytuje čtenáři přehled o vývoji transfuze krve v historii lidstva. V první části vykresluje historický pohled lidstva na krev jakožto životodárnou tělní tekutinu. V následných kapitolách zachycuje jak mýty, tak i fakta, ale zejména informuje o vývoji a poznatcích krevní transfuze 18. a 19. století a přednemocniční péče 20. a 21. století.

K tvorbě bakalářské práce byly využity parafráze z recenzovaných databází, odborných článků a publikací zejména v českém a anglickém jazyce.

Klíčová slova

Krev. Historie. Krevní transfuze. Přednemocniční péče.

ABSTRACT

CIGÁNIK. Dušan. *History and Evolution of Pre-Hospital Blood Transfusion*. Vysoká škola zdravotnická. o. p. s. Academic degree: Bachelor (Bc.). Thesis supervisor: MUDr. Hana Pekarová. Prague. 2019. 42 p.

This overview bachelor thesis aims to provide to the reader an overview of the evolution of blood transfusion in human history. The first part outlines how blood, as the vital body fluid, was viewed throughout history. The subsequent chapters describe both myths, and facts, but in particular inform about the knowledge and role of blood transfusion in modern times and in today's pre-hospital care.

The sources used for the writing of and paraphrased in my thesis include revised databases, specialist articles and publications namely in the Czech and English languages.

Key words

Blood. History. Blood transfusion. Pre-hospital care.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 HISTORIE KREVNÍCH TRANSFUZÍ	14
1.1 Mystický prvopočátek transfuzí krve.....	14
1.2 Počátky první transfuze krve.....	16
1.3 První transfuze krve člověku.....	18
1.4 Obnovený zájem o lidskou krev.....	20
1.5 Počátky krevní transfuze v českých zemích.....	21
2 DŮLEŽITÉ OBJEVY O KRVI.....	24
2.1 Objev krevních skupin	25
2.2 Janského objev	26
2.3 Inovace transfuze na počátku 20. století	27
3 PRVNÍ SVĚTOVÁ VÁLKA	29
3.1 Indikace transfuze	31
3.2 Nastavení protokolů pro transfuze krve	32
3.3 Britské zdravotnické týmy	32
3.4 Německá fronta	33
4 OBDOBÍ MEZI SVĚTOVÝMI VÁLKAMI.....	35
4.1 České země.....	35
4.2 Evropa a Rusko	36
4.3 Rh faktor a další inovace.....	38
5 OBDOBÍ DRUHÉ SVĚTOVÉ VÁLKY.....	40
5.1 Plná krev versus plazma.....	42
5.2 Britská armádní transfuzní služba.....	42
5.3 Sovětský armádní krevní program	43
5.4 Německá zkušenost s transfuzí krve na bojišti	44
5.5 Válka v Pacifiku	45
5.6 Transfuze krve v kontextu 2. světové války.....	46
6 VÁLKA VE VIETNAMU	48
7 Krevní transfuze v 21. století.....	51
7.1 RABBIT	54
7.2 Walking Blood Bank.....	55
7.3 THOR.....	56
ZÁVĚR	58
SEZNAM LITERATURY	59
SEZNAM PŘÍLOH.....	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Medea	15
Obrázek 2 Giovanni Cibo	16
Obrázek 3 Tělní oběh dle Harweye	17
Obrázek 4 Přístroj k převodu krve	18
Obrázek 5 Převod krve ze zvířete na člověka	20
Obrázek 6 Denis a jeho transfuze krve	21
Obrázek 7 Jeden z přístrojů k transfuzi	24
Obrázek 8 Jan Janský.....	27
Obrázek 9 Zařízení k převodům krve za První světové války	30
Obrázek 10 Polní transfuzní stanice	33
Obrázek 11 Mobilní transfuzní jednotka	39
Obrázek 12 Poster Červeného kříže vyzívající k dárcovství krve	41
Obrázek 13 Polní transfuzní tým britské armády	43
Obrázek 14 Box k letecké přepravě krevních konzerv	46
Obrázek 15 Aplikace krevní plazmy raněnému vojákoví.....	50
Obrázek 16 Časová osa používání krve na bojišti	52
Obrázek 17 Transfuze krve na palubě MEDEVAC.....	53
Obrázek 18 Transfuze krve HEMS.....	54
Obrázek 19 Walkin Blood Bank	56

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AGT – antiaglutinový test
ASBP – Army Services Blood
ATLS – Advanced Trauma Life Support
CoTCCC – Committee on Tactical Combat Casualty Care
CSH – Combat Support Hospital
CWB – Cold-Stored Whole Blood
DCR – Damage Control Resuscitation
FFP – Fresh Frozen Plasma
FWB – Fresh Whole Blood
HIV – Human Immunodeficiency Virus
IgM – Imunoglobulin M
LT0WB – Low Titer Whole Blood
MASH – Mobile Army Surgical Hospital
MEDEVAC – MEDical EVACuation
MUDr.
PHTLS – Pre-Hospital Trauma Life Support
PTLs – Platelets
RBCs – Red Blood Cells
RDCR) - Remote Damage Control Resuscitation
Rh – Rhesus faktor
TCCC – Tactical Combat Casualty Care
THOR – Trauma and Hemostasis Oxygenation Research

ÚVOD

Transfuze krve neboli přenášení krve z tělního oběhu jednoho člověka do druhého má z pohledu historie lidstva relativně nedávny původ. Tradiční představa o tom, že krev je „živá síla organismu“ je však známá již několik století a taktéž člověk od pradávna chápal, že ztráta krve je často spojena se slabostí a se smrtí. A byla to právě krev, jež měla také mnoho tajemných vlastností nesoucích jak duševní, tak fyzické predispozice majitele. Historicky první pokusy o nahrazení ztracené krve zahrnovaly převážně pití krve postižených od „dárce“, kteří se rekrutovali z řad mladých a zdravých osob či zvířat. Mimo jiné i tajuplná legenda o upírech reflektuje tuto vizi a tato poněkud mystická fascinace vlastností krve je do jisté míry stále přítomna mezi námi i v dnešní době (POŠTOLKA, 1975).

Novodobější pojetí a hlavně praktické využití klasické krevní transfuze má podobu amplitudy a častokrát reflektovala vývoj jiných věd či událostí v dějinách lidstva. Nejvýznamnějšími událostmi pro rozvoj transfuzí, tak jak je známe v dnešní době, byly objevení krevních skupin a Rh faktoru, použití citrátu a glukózy ke konzervaci a uchování krve, separace plazmy anebo testování krve na infekční nemoci. Důležitost válečných konfliktů byla v masivním zavedení těchto objevů do praxe a k vytvoření nejenom regionálních, ale především celonárodních programů dárcovství krve. Byl vytvořen fungující systém sběru, skladování a distribuce krve. Tento systém zahrnoval oslovení potenciálních dárců, jejich testování a samotný odběr krve. Byly vyvinuty odběrové nádoby či vaky, kontejnery pro uchování a hlavně transport konzerv krve na místo určení. Častokrát byla krev, hlavně v období druhé světové války, transportována na obrovské vzdálenosti. Během transportu často docházelo k rozbalení a znovu zabalení celé zásilky. Velmi podstatným prvkem celého systému bylo vytvoření koncepce malých transfuzních týmů i mimo zdravotnická zařízení, systém školení zdravotnického i nezdravotnického personálu, který se staral o potřebná materiální vybavení těchto týmů (KENDRICK, 1965).

Během 20. století se taktéž měnil pohled na krevní transfuze. Převod plné krve byl shledán v mnoha případech zbytečný. Stále výrazněji se proto prosazovala snaha převádět nemocným jenom ty složky krve, které opravdu potřebují. To znamená, že chudokrevný člověk potřebuje červené krvinky, při infekcích jsou potřeba bílé krvinky a plazma. Při krvácení působí příznivě na stav raněného nejenom červené krvinky, ale je

potřeba i trombocytů a srážlivých faktorů plazmy. Samotná plazma nám taktéž při hemoragickém šoku rychleji doplní prázdné krevní řečiště. Pokusy o přípravu umělé krve byly zaznamenány již v období 1. světové války. Jako náhrada nedostatkové plazmy se používaly koloidní roztoky schopné plnit nepostradatelné osmotické funkce plazmatických bílkovin. Během a po 2. světové válce byl zaznamenán rozmach v použití dextranů, které byly získávány štěpením složitých cukrů. Tento vývoj umělé krve pokračoval a pokračuje i 21. století (NOUZA, 1986).

Heslem „Plná krev se vrací“ započala v první dekádě 20. století snaha o navrácení transfuzí krve opět do přednemocniční neodkladné péče. Ať už se jednalo o aplikaci erytrocytárního koncentrátu krevní skupiny 0 s nízkou titráží, plazmy nebo právě plné krve a vytvoření projektu „Walking Blood Bank“ (SPINELLA, 2008).

Cíle práce

Při plánování podoby a záměru bakalářské práce byly formulovány následující cíle:

Cíl 1 Předložit poznatky o pojetí lidské krve.

Cíl 2 Předložit poznatky o historii a vývoji krevní transfuze.

Cíl 3 Předložit poznatky o novodobém využití krevní transfuze v přednemocniční neodkladné péči.

Vstupní literatura

K vymezení záměru bakalářské práce a vytyčení cílů práce byly prostudovány následující tituly odborných publikací:

STRUNZ, Ulrich. *Krev: tajemství našeho „tekutého orgánu*. Přeložil Jiří PONDĚLÍČEK. Praha: Euromedia, 2017. Esence. ISBN 978-80-7549-402-3.

INDRÁK, Karel, ed. *Hematologie a transfuzní lékařství*. V Praze: Triton, 2014. Lékařské repertorium. ISBN 978-80-7387-722-4.

MAISNAR, Vladimír a Vít ŘEHÁČEK. *Léčba transfuzními přípravky*. Hradec Králové: HK CREDIT, c2001. ISBN 80-902753-3-8.

VESELÝ, Vladimír a Vladimír KULICH. *50 let národní transfuzní služby: Praha, 13.-15. května 1998*. Praha: Galén, 1998. ISBN 8090250130.

ŠKRDLÍK, Vladimír. *Objavy tajemství krvi*. Bratislava: Obzor, 1965. Malá knižnica Československej spoločnosti pre šírenie politických a vedeckých poznatkov.

ŠÁMALOVÁ, Lenka, ed. *Klinické použití krve: příručka*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0268-1.

GUIOU, N. M. *Blood Transfusion In A Field Ambulance*. British medical journal, vol. 1,2999 (1918): 695–6.

Blood on tap. Part 1. History in the making. Whitehead S. Emerg Med Serv. 2004 Feb;33(2):41-8. PMID: 14994671 [PubMed - indexed for MEDLINE]

Vyhledávací strategie

Pro nalezení relevantních poznatků k danému tématu bakalářské práce byla provedena rešeršní činnost, která probíhala v několika fázích dle použitého vyhledávače či zvolené databáze. V jednotlivých fázích hledání byly nalezené plnotexty prostudovány a následně tříděny dle relevantních informací k danému tématu či k jednotlivým kapitolám bakalářské práce.

Vybrané informace z odborných publikací a článků byly zařazeny formou parafrází do určených kapitol a podkapitol vytvořených dle předem vytyčených cílů bakalářské práce. To vše v logickém sledu. K rešeršní činnosti byly použity tyto vyhledávače:

- vyhledávač Google a Google Scholar
- databáze Medvik
- databáze BMČ (Bibliographia Medica Čechoslovaca)

Pro vyhledávání cílů práce byla stanovena klíčová slova:

- v českém jazyce: krev, historie, krevní transfuze, přednemocniční péče;
- v anglickém jazyce: Blood, History, Blood Transfusion, Prehospital Emergency Care.

Druhá fáze vyhledávání

Pro využití odborných publikací bylo využito databází Národní lékařské knihovny, Knihovny Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, Knihovny Krajské nemocnice Tomáše Bati a databází Medvik. Z těchto databází bylo pro tvorbu bakalářské práce využito 14 publikací v českém jazyce a 30 publikací v jazyce anglickém.

Popis rešeršní činnosti

V první fázi vyhledávání bylo zadáno klíčové slovo krev a postupně doplňována kombinace slov historie, krev, hematologie, krevní transfuze, přednemocniční péče. Prvotně bylo vyhledáno 3 862 odkazů, poté postupným doplňováním dalších slov bylo dohledáno 128 odkazů. Padesát dva odkazů bylo vyřazeno z důvodu nesouladu s obsahovou náplní a zadáním, dvacet šest článků bylo uveřejněno z nerecenzovaných zdrojů a třicet čtyři odkazů bylo po prostudování vyřazeno, jelikož řešily specializovanou lékařskou problematiku.

Ve druhé fázi byla pozornost věnována vyhledávání v anglickém jazyce. Po postupném zadání klíčových slov bylo dohledáno 92 odkazů v anglickém jazyce. Po prostudování a rozřídění jednotlivých odkazů bylo vyřazeno 47, jelikož se týkaly tématu jen okrajově. Jedenáct odkazů bylo duplicitních a čtyři články nesplňovaly zadaná kritéria.

1 HISTORIE KREVNÍCH TRANSFUZÍ

Z pohledu teologie a antické filozofie hrála krev důležitou roli prostředníka mezi člověkem a božstvy. Byl to symbol, kolem kterého se soustředila spiritualita i pověry, učení církve či folklor. S krví si nikdo nezahrával. Krev znamenala život. Každý lékař, jenž manipuloval s krví člověka, měl ve svých rukou jeho život. Vše vycházelo z každodenního pozorování. Podřízněte zvířeti či člověku hrdlo a pozorujte, co se bude odehrávat. Krev tryská ven z těla a člověk postupně ztrácí vědomí. Když všechna krev vyteče, tělo přestane jevit známky života a člověk umírá. S krví odchází život, a proto krev znamená život (NOUZA, 1986).

1.1 Mystický prvopočátek transfuzí krve

Je přirozené, že krev, v níž člověk viděl od pradávna symbol života, se počala pokládat za jeden z mocných léků, díky němuž bylo možno vrátit nemocnému zdraví. Nicméně užití krve jako léku nebylo po staletí možné. Bránily tomu převážně nedostatečné poznatky o vlastnostech krve, etické pohnutky a v prvopočátcích nebyly k dispozici pro krevní převod potřebné nástroje. Prvotní pokusy o nahrazení této tělesné tekutiny tedy zahrnovaly převážně pití krve pacientem od mladých a zdravých osob či zvířat. Jeden z prvních takových zdokumentovaných léčebných účelů je obsažen v sedmé knize básníka Ovidia – *Proměny*. Knihu napsal v roce 43 a popisoval v ní, jak „čarodějka“ Medea omlazovala Iásónova otce Aisóna:

„Medea vzala svůj nůž a přerušila hrdlo starého muže. Odebrala všechnu jeho krev a naplnila staré žíly tímto bohatým elixírem. Jeho bílé vousy a vlasy se rychle navrátily k jejich přirozené síle a byly temné, lesklé jako dřív. Jeho postava se napřímila ve vsí síle a energii jasného mládí.“ (ČERVENKA, 1885, s. 207)



Obrázek 1 Medea

Zdroj: ClipArt ETC, 2019

Kromě těchto prvních mytických psaní je zde několik citací Starého zákona, které sice přímo nesouvisejí s transfuzí krve, ale mají společenský dopad na současnost. Odmítání transfuze krve má podle Svědků Jehovových v první řadě náboženský důvod založený na třech základních textech z Bible, podle kterých byl zákaz jedení krve dán Noemovi, kodifikován v knize Mojžíšově a přenesen na křesťany. Naopak se předpokládá, že starověcí králové Egypta se údajně koupali v krvi a věřili, že takové lázně resuscitují nemocné a umírající, nebo oživují staré a neschopné. Stejně tak jako věřili, že pití krve je lék na elephantíazu. V klasických dobách řecko-římských se movití občané taktéž koupali v kádích s krví či tuto životodárnou tekutinu požívali na gladiátorských zápasech doufající, že tato krev je pro ně obzvlášť přínosná. Zápasníci a sportovci byli silní, odvážní a jejich kvality se vypitím jejich krve přenesou na dotyčnou osobu, která jejich krev vypije. Situace se tehdy stala natolik neúnosnou, že v roce 193 vydal tehdejší římský císař Septimius Severus dekret zakazující tento postup. Nicméně se tradovalo, že požití krve zmírní bolest a je lék na epilepsii. Ve stejnou dobu spisovatel Galen doporučil pití krve lasice či psa jako lék na vzteklinu. Podobně jako staří Norové, kteří věřili, že pití krve tuleňů a velryb působí jako lék na epilepsii. Přestože se tyto odkazy týkají převážně pití krve, překlad hebrejského rukopisu zaznamenává opravdu skutečný možný výskyt slova transfuze. Král Sýrie a vůdce armád Bedad-Adam byl postižen malomocenstvím. Povolání lékaři krále vyléčili, a to tak, že krev z jeho žil vložili do krve jiné a naopak. Následně byly taktéž popsány první „nežádoucí účinky“ používání a požívání krve. Ty popsal spisovatel Pietro d'Abano tak, že ten kdo pije menstruační krev či krev malomocného bude roztržitý, šílený, zlobivý a zapomětlivý. Vzhledem k tomu, že se většina těchto někdy až bájných starověkých

a středověkých textů pravděpodobně týká požití krve ústy než nějaké infuze, je velmi obtížné určit, kdy byl skutečně první pokus nebo alespoň náznak pokusu o transfuzi krve proveden (PROCHÁZKOVÁ, 2010).

Jeden z nejčastěji uváděných kandidátů na tuto počest je papež Inocenc VIII., Giovanni Cibo, který údajně obdržel transfuzi někdy v letech 1490–1492. Papež trpěl závažným onemocněním (ve světle dnešních poznatků se údajně jednalo o chronické onemocnění ledvin) a v jednu chvíli, kdy selhaly všechny tehdejší dostupné prostředky léčby, byl mylně považován za mrtvého. V tu dobu se objevil lékař či mystik jménem Abraham Meyre a slíbil, že zachrání papeže přenosem krví mladých dárců. Byli vybráni tři desetiletí chlapi. Samotný akt je popisován tak, že krev umírajícího papeže byla vpuštěna do žil jedno z chlapců a naopak. Proces se poté evidentně opakoval s ostatními dvěma chlapci. Bohužel všichni tři chlapi následně umírají, snad na vzduchovou embolii, a ani papežův stav se nikterak nezlepší. I tento příběh je však velmi kontroverzní a je postaven na interpretaci překladu z původního skriptu. V každém případě se zdá, že všichni následní autoři a překladatelé textů se shodují, že všichni chlapi (každý z nich stál údajně jeden dukát) následně brzy umírají a taktéž zdravotní stav papeže vede ke smrti. Lékař, jenž podněcoval léčbu transfuzí, byl potrestán a následně zmizel (NAUZA, 1986).



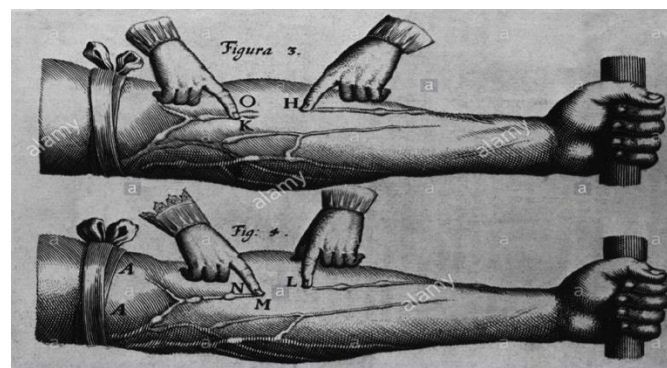
Obrázek 2 Giovanni Cibo

Zdroj: Age FOTOSTOCK, 2019

1.2 Počátky první transfuze krve

Po pokusu a hlavně nezdaru při transfuzi krve papeži Inocenci VIII. existuje o dalších převodech krve mezi lidmi jen pramálo zaznamenaných událostí. Nicméně zvrat nastal na počátku 17. století, kdy se uskutečnil jeden z nejdůležitějších objevů

umožňujících transfuze krve, které byly taktéž následně provedeny. Anglický doktor William Harvey poprvé formuloval cirkulaci krve v lidském těle a to tak, že krev protéká tělem jedním směrem. Do té doby se předpokládalo, že se krev v těle hrne dopředu a dozadu v uzavřené nádobě jako moře za přílivu. O tomto tématu krevních transfuzí a krvi v lidském těle přednášel Harvey řadu let a své nálezy nakonec v roce 1628 zveřejnil ve své knize *De Motu Cordis*. V tomto geniálním díle popisoval lidské oběhové ústrojí a systém, včetně skutečné role srdce jako pumpy. S tímto objevem se začaly rojit různé spekulace týkající se převodů nejen krve, ale také infuzí různých léčiv. Nicméně samotný Harvey byl zpočátku skeptický k využití převodů krve v jeho lékařské praxi, ačkoliv existuje zmínka o jeho testování oběhového ústrojí člověka na mrtvém muži, do kterého pumpoval vodu (STRUNZ, 2017).



Obrázek 3 Tělní oběh dle Harveye

Zdroj: Harvey, 1657

V roce 1628 Johannes (Giovanni) Colle, profesor na univerzitě v Janově, jenž znal Harveyho teorii, popisoval určité metody prodloužení života. Ty zahrnovaly právě transfuze krve jako možný prostředek k dosažení daného cíle. Avšak neexistuje žádný důkaz o použití této metody v praxi. Taktéž německý chemik Andreas Libavius v roce 1615 popsal, jak by měla být podle něj transfuze krve provedena. Zamýšlel spojit dvě tepny nějakou rourkou a krev nechat volně přetéci. Tento popsany postup však nemohl nikdy fungovat, jelikož krevní tlak v tepnách dárce i příjemce by se navzájem vyrovnal a zabránil by proudění krve rourkou. Malíř, dokumentarista, anglický experimentátor a oxfordský badatel Francis Potter mohl být pravděpodobně prvním člověkem, který převedl krevní transfuzi do praxe. Podle existujících spisů popsal již v roce 1639 myšlenku krevního převodu mezi dvěma živými těly pomocí nějakých „brků“ (něco jako dnešní jehly) a trubek. V roce 1649 napsal Johnovi Auberimu, že se pokusil na anglickém venkově o transfuzi krve mezi dvěma kuřaty, i když je víceméně

pravděpodobné, že díky velikosti takových ptáků byl tento pokus neúspěšný. Následných 25 let od objevu Harveye vznikalo mnoho tvrzení a konfliktů ohledně opravdového prvenství v krevní transfuzi. O primát v zavedení techniky nitrožilní aplikace soutěží Němec Georg von Warendorf, jenž údajně v roce 1642 zavedl „injekčně“ alkohol a další tekutiny do cévního okruhu psů, a to pomocí duté ptačí kůstky. S tímto se pře Angličan Christopher Wren, který v roce 1656 zhotovil první „injekční stříkačku“ – zaostřený ptačí brk zakončený na tupém konci pružným měchýřkem (ONDRÁČKOVÁ, 1998).

První zdařilý pokus o převod krve u zvířat provedl Ital Francesco Folli v roce 1654, v roce 1680 následně vydal knihu, ve které se uvedl jako původce krevní transfuze. Podrobně popsal zařízení a způsob jeho použití na převod krve. Použitý přístroj sestával z nálevky a hadice vytvořené z kozí tepny, která je zakončena zlatou nebo stříbrnou kanylou, jež se má vložit do pacienta. Doložil dokonce přítomnost asi dvaceti mladých dárců, takže pacient může dostávat krev každý den po značnou dobu. V roce 1666 uskutečnil Angličan Richard Lower první doloženou transfuzi mezi dvěma psy. Jeden z pramenů tvrdí, že téměř vykrvácený pes byl zachráněn, avšak druhý pramen uvádí, že příjemce krve téměř okamžitě zemřel. Kromě zlepšení stavu pacienta si lékaři v daném období představovali, že s krví přejdou i vlastnosti dárce. Například po psí krvi začnou ovce kousat, v opačném případě pak psovi narostou rohy, převodem krve beránčí získá příjemce umírněnost a podobně. Traduje se, že švédská královna Kristina věřila, že transfuze lví krve by ji učinila nepřemožitelnou (KŘÍŠLO, 1996).



Obrázek 4 Přístroj k převodu krve

Zdroj: A History of Blood Transfusion, 2014

1.3 První transfuze krve člověku

Výrazným mezníkem v pohledu na převod krve se stala 15. června 1667 transfuze krve ze zvířete na člověka. Tu provedl pařížský lékař Jean Denis, který již předtím

studoval převody krve na psech tak jako Lower. Nyní se sešel s talentovaným chirurgem a anatomem Paulem Emmerym a podařilo se jim vyvinout metodu, při níž se jim podařilo vpíchnout rourku přes kůži do cévy. Následně Denis uskutečnil první reálně ověřenou a veřejně provedenou transfuzi krve, při které převedl asi 270 miligramů jehněčí krve 16letému mladíkovi, který trpěl horečnatým onemocněním a vysílením častým pouštěním žilou. Transfuze se kupodivu, možná díky malému množství převedené krve, podařila. Pomohlo mu nejspíš více i to, že mu přestali pouštět žilou nežli samotná transfuze. To podnikavého lékaře podnítilo k několika dalším podobným pokusům. Druhým člověkem byl 45letý muž z Paříže a transfuze opět proběhla bez komplikací (KULICH, 1995).

Na podzim roku 1667 léčil Denis barona Bonda, jehož zdravotní stav před transfuzí byl velmi špatný. Denis se původně nechtěl pouštět do transfuze u pacienta v takto těžkém zdravotním stavu. Nicméně se nechal záhy přemluvit. Po převodu krve z telete se baronův zdravotní stav na okamžik mírně zlepšil, ale v odpoledních hodinách následujícího dne zemřel. Denis usoudil, že se transfuze zdařila, pouze velmi špatný zdravotní stav pacienta před transfuzí bránil tomu, aby se mu mohlo zdraví navrátit. Posledním, avšak přes to všechno osudovým pacientem Denise a Emmeryho, byl 34letý choromyslný Antoin Mauroy, jenž trpěl opakovanými záchvaty šílenství. Dne 19. prosince 1667 odebrali pacientovi část krve a převedli mu krev z mladého telete. Mauroy následně začal vykazovat známky negativní reakce na transfuzi. Krev téměř přestala kapat, a tak lékaři převod ukončili a vyjádřili se o něm jako o zdařilém. Druhý den byl Mauroy klidnější a Denis se rozhodl pro další transfuzi krve. Mauroy se však opět silně potil, začal mít bolesti v ruce a následně prudce zvracel. Proto byl zákrok opět ukončen. Mauroyova manželka pacienta i přes protesty lékařů ihned odvezla domů. Doma nejenže neuposlechla pokynů, ale svým chováním ještě přispěl ke zhoršení zdravotního stavu nemocného. Po čase však znovu požádala Denise o další převod krve. Ten sice odmítal, ale Mauroyova manželka jej lstí vylákala k ní domů, kde již čekal stejně obelhaný Emmery. V místnosti bylo velmi šero a poté, co přistoupil Denis k Mauroyovi, ucítil silný hnilobný zápach vycházející z pacientova těla. I přes to se pokusil upustit pacientovi trochu krve žilou. Ten však dostal okamžitě silný záchvat a začal se třást. Co se stalo před a poté, není přesně znám. Nicméně pacient následný den umírá a Denis je se svým spolupracovníkem 17. dubna 1667 obviněn, že nezákonně usmrtili pana Antoina Mauroye. Později však byli oba zproštěni obvinění. Denisův čin

vyvolal obrovský, ale bohužel také protichůdný ohlas. Konzervativní monarcha Ludvík XIV. souhlasil s prováděním převodů krve, lékařská fakulta, která měla řídit pokrok, byla zase rezolutně proti. Provádění transfuzí bez souhlasů lékařů z pařížské fakulty bylo zakázáno. V následujících letech uskutečnili někteří lékaři ještě několik pokusů o převod krve, ty pak údajně skončily smrtí pacientů, a to vedlo k tomu, že francouzské úřady vyjádřily ještě větší pochybnosti o krevních převodech, že v roce 1675 vydal papež nařízení zakazující používání této metody léčby. K zákazu se v roce 1678 připojil i anglický parlament (KULICH, 1995).



Obrázek 5 Převod krve ze zvířete na člověka

Zdroj: The First Human Blood Transfusion, 1667

1.4 Obnovený zájem o lidskou krev

Řada neúspěchů, které samozřejmě musely doprovázet převody zvířecí krve člověku, zapříčinila, že způsob takové léčby byl opuštěn. Nicméně počátkem 19. století se znovu objevují pokusy o léčebné využití krevní transfuze. Avšak i zde se ukazuje, že ani převod lidské krve se ne vždy snáší dobře. Vše popisuje anglický lékař, fyziolog a porodník James Blundell, který je dodnes považován za otce nové éry či moderního pojetí krevní transfuze. Blundell se dostal do podvědomí nejenom odborné veřejnosti první dokumentovanou lidskou transfuzí ze dne 22. prosince 1818. Postup byl publikován v roce 1819 ve článku „Some account of a case of obstinate vomiting in which an attempt was made to prolong life by the injection of blood into the veins“ (Blundell, 1834, s. 23)

V této případové studii Blundell s pomocí lékaře Henryho Clina převedl 14 uncí krve z několika dárců 35letému nemocnému. Ten trpěl v dnešním pojetí zřejmě žaludečním karcinomem a krev mu byla aplikována injekční stříkačkou v malých

dávkách a intervalech 5–6 minut. I přes dočasné zlepšení však pacient do 56 hodin zemřel, nicméně již před samotnou transfuzí byl stav pacienta velmi vážný až kritický.

Na prvopočátku jeho zájmu o krevní transfuze stál zájem o léčbu poporodního krvácení u rodiček. Zdokumentován je taktéž převod krve mladé matce po porodu, které hrozilo úplné vykrvácení. Rodičce bylo aplikováno 8 uncí krve během tří hodin. V Německu byl rozmach podávání lidské krve jako léčiva taktéž v oboru porodnictví. Gynekologové a porodníci aplikovali transfuze krve rodičkám po těžkých krváceních. Takto porodník Kilian roku 1830 zachránil čtyři vykrvácené rodičky a další tři úspěšné transfuze krve jsou popisovány v roce 1860. Nutno však s lítostí konstatovat, že to byly právě především války, jež přispěly ke krevním převodům na člověka. V době válečných střetnutí se totiž ukázala u raněných vojáků velká potřeba drahocenné a dodnes nenahraditelné tekutiny. Ta se mohla v případě válečného zranění s velkou ztrátou krve doplnit právě jenom krevní transfuzí. Ženevský lékař Roussel ve francouzsko-německé válce uskutečnil celou řadu transfuzí, z nichž se pouze malý počet setkal s úspěchem. Nicméně i v tomto období je stále vedle krve lidské pacientům transfundována více krev zvířecí (ať už psí, telecí a zvláště jehněčí, o níž se lékaři domnívali, že zmírňuje nežádoucí agresivitu u nervově chorých a pomáhá při léčbě tuberkulózy). Další pozoruhodnou zajímavostí je, že ve služebních předpisech pruské sanitky z období let 1870–1871 se uvádí, že voják má mít na torně beránka s vypreparovanou krkavicí, aby v případě poranění s masivním krvácením byla po ruce jeho krev určená ke krevní transfuzi (MOORE, 2005).



Obrázek 6 Denis a jeho transfuze krve

Zdroj: A Brief History of Blood Transfusion in the 19th Century, 2011

1.5 Počátky krevní transfuze v českých zemích

Takzvaný transfuzní pravěk nastal v českých zemích dne 12. srpna 1879, kdy Dr. Antonín Erpek provedl první krevní převod. Tak uvádí většina odborných článků.

Nicméně tehdejší Národní listy města Mělník napsaly: „Převod krve. Zmínili jsme se o novém způsobu léčení mnohých chorob převodem, čili transfuzí krve zdravé do žil nemocného. Dosud dalo se léčení takové v hlavních městech jako Petrohradě, Paříži a ve Vídni.“ (DUDLÍKOVÁ, 2003, s. 15)

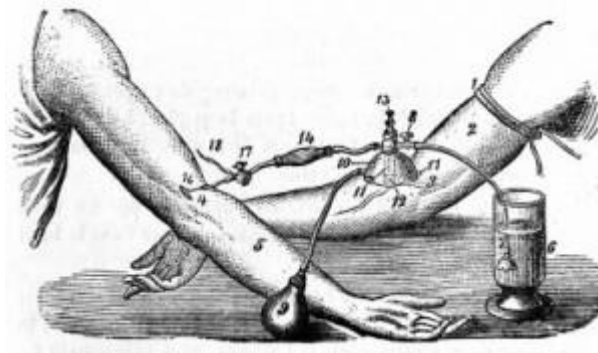
Podobné léčení podnikl v Mělníce dne 21. června 1879 ve všeobecné nemocnici ředitel ústavu Dr. Samuel Treulich. „Pustil do žil nemocného, jenž trpěl souchotinami, krve jehněčí a všechny příznaky prý svědčí, že bude míti tento převod krve účinky příznivé. Již předevcírem bylo již tomuto nemocnému mnohem lépe než před tím.“ (DUDLÍKOVÁ, 2003, s. 16)

O samotné osobě a praxi lékaře Treulicha však nelze dohledat podrobnější informace a rovněž o jméně, věku a stavu pacienta, který se této neobvyklé léčebné proceduře podrobil, se nezachovaly v zápisech ošetřovaných v mělnické nemocnici žádné bližší informace. Zprávu o léčbě a především o zlepšení stavu nemocného, jak uvádějí tehdejší listy, je tedy nutno brát s určitou rezervou. Jediným svědectvím této události našeho zdravotnictví dnes zůstávají pouze novinové listy. Vratme se k události v Praze ze dne 12. srpna 1879. Za asistence čtyř lékařů (Dr. Záhoře, Krčmy, Kahlera a Ryby) byla uskutečněna na gynekologickém oddělení prof. Dr. Strenga první transfuze krve v Praze. Blízký spolupracovník a asistent prof. Dr. Eiselta, MUDr. Antonín Erpek, převedl 140 g jehněčí krve do žil čtyřicetileté pacientky, označené v lékařské zprávě iniciálami M. B. Účelem pokusu bylo u nemocné ve velmi zchátralém stavu alespoň poněkud oddálit rychle se blížící její konec. Nemocná po počátečním značném zlepšení zdravotního stavu zemřela dne 16. září na zánět plic. MUDr. Erpek provedl téhož roku ještě tři transfuze jehněčí krve moribundním pacientům. Všechny skončily těžkými reakcemi a jeden smrtí pacienta z důvodu podané transfuze. Proto následně MUDr. Erpek už další transfuze neprováděl, přestože byl přesvědčen o jejich velké léčebné hodnotě. O 20 let později se otázkami krevního převodu zajímá český profesor chirurgie Eduard Albert, který působí v té době v Innsbrucku a ve Vídni. Jeho žák, asistent Karel Maydl kolem roku 1880 se v pokusné studii zabýval účinkem transfuze u vykrváčených psů. Po svém příchodu na chirurgickou kliniku pražské lékařské fakulty začíná jako první v Čechách provádět v chirurgické praxi převody lidské krve. Kolem roku 1900 profesor experimentální patologie Albert Spina provedl úspěšnou intraarteriální infuzi na zvířecím modelu a celý

experiment zveřejnil jeho žák A. Velich s praktickými závěry aplikovatelnými na pacienty s kardiálním selháním (NEDVĚD, 2006).

2 DŮLEŽITÉ OBJEVY O KRVI

Během první poloviny 19. století probíhalo mnoho diskuzí mezi odbornou veřejností ohledně používání transfuze a různé názory byly zaznamenány v zápisu lékařské společnosti v Londýně. V roce 1849 proběhla debata mezi lékaři J. Blundellem a S. H. F. Routhem, kdy D. Routh zhodnotil všech 48 doposud zdokumentovaných transfuzí, přičemž komentoval výsledek, kdy 18 z nich bylo smrtelných. Nicméně připustil, že míra úmrtnosti se může zdát vysoká, jelikož u mnoha pacientů bylo úmrtí způsobeno jinými příčinami než transfuzí. Routh dospěl následně k závěru, že největším rizikem krevní transfuze je přenos vzduchu a navrhl, aby množství podané krve nebylo méně než 6 uncí a ne více než 16 uncí. Dále definoval indikace a stavy či onemocnění, kdy má být transfuze zahájena (například těžká krvácení, těžký průjem, cholera, kolaps při dlouhodobé horečce). Nakonec popsal metodu přenosu krve stříkačkou a zabýval se dalším z hlavních nedostatků. Tím je prozatím neexistující metoda zastavení srážení krve ve stříkačce. Jedinou praktickou metodou transfuze bylo přímé napojení tepny dárce s žilou příjemce. Toto období je proto charakterizováno vývojem výstředních přístrojů pro transfuzi krve (DE GOVIN, 1949).



Obrázek 7 Jeden z přístrojů k transfuzi

Zdroj: Wonders and Marvels, 2011

Pokud se při transfuzi krve napřímo spojovala tepna příjemce s žilou dárce, nebylo možné kontrolovat množství převedené krve, což bylo pro dárce velmi nebezpečné. Opatření proti těmto zásadním rizikům byla z pohledu dnešní medicíny velmi neobvyklá. Dárce totiž během odběru krve kouřil a právě okamžik, kdy mu cigareta přestala chutnat, byl signálem, že už ztratil to únosné množství darované krve, a odběr

musel být okamžitě ukončen. Jak již bylo zmíněno, vážnou překážkou transfuze krve, bylo její srážení během samotného převodu. V roce 1835 tento problém vyřešili německý fyziolog Theodor Ludwig Wilhelm Bischoff a ruský chirurg V. V. Sutugin tím, že základní složku v procesu srážení krve, bílkovinu fibrinogen, odstranili z krve vyšleháním kovovou metlou. Tato metoda však poškozuje červené krvinky a může zanést do krve infekci. Takto získaná krev se nesrážela, a dokonce mohla být bez úhony skladována v chladném prostředí i delší dobu. V následné polovině 19. století přispěli k dalšímu odhalení tajemství krve hned tři němečtí fyziologové. C. Ludwig sestrojil přístroj na měření tlaku krve, K. Vierordt dokázal spočítat lidské krvinky a konečně E. Hering se zaměřil na zkoumání lidského oběhu. Trojici německých fyziologů doplnil francouzský lékař G. Heym, jehož jméno dodnes nese ředící roztok používaný při počítání červených krvinek. Můžeme tedy konstatovat, že konec 19. století poskytl příznivé klima pro vypracování základních hematologických vyšetření, jelikož bylo v tomto období dále prokázáno, že všechny tělesné tkáně potřebují kyslík a vytvářejí oxid uhličitý. To neznamenal nic jiného, než že tělesné tkáně dýchají. Dále byl objasněn význam železa pro syntézu hemoglobinu a vlastní krvetvorbu v kostní dřeni i jeho nezastupitelnost při přenosu kyslíku v těle a buněčném dýchání. I přes všechny objevy tohoto období si musíme uvědomit, že v této době ještě nebylo nic známo o krevních skupinách a možnostech jejich stanovení. Tuto roušku tajemství odhalilo až nastupující století dvacáté (BREWER, 1949).

2.1 Objev krevních skupin

Připusťme tedy alespoň na malý okamžik, že lékaři na konci 19. století znali poměrně dokonale složení a vlastnosti krve, uměli připravit nesrážlivou krev a dokázali zajistit sterilitu krve a její aseptický převod. Stala by se tím léčba krevním převodem bezpečná? Jakkoliv to může být podivné, nestala. Ubylo by bezesporu mnoho problémů, avšak ty nejtěžší komplikace, vedoucí často k okamžité smrti, by se vyskytovaly i nadále se stejnou frekvencí a neúprosností. Zbývalo totiž vyřešit základní problém převodu krve, a to zajištění vzájemné slučivosti dárcovy a příjemcovy krve. Česká medicína se může pochlubit tím, že velmi výrazně přispěla k poznání, že lidské krvinky mají vlastnosti, jež zřetelně od sebe odlišují jednotlivé skupiny lidí. Tímto průlomovým krokem je objev krevních skupin. Ten je spojen se jménem českého lékaře a psychiatra Jana Janského. Na začátku 20. století se dostane do povědomí mladý asistent Ústavu patologické anatomie vídeňské univerzity Karl Landsteiner, který

s Landoisovým závěrem (transfuzní komplikace nepřičítal vlastnostem krve, nýbrž blíže nespecifikovanému chorobnému stavu jedince) nesouhlasil a začal příčinu neslučivosti hledat přímo v krvi samotné. Dvaadvaceti lidem, včetně sebe, postupně odebral krev a oddělil červené krvinky od séra. Následně zjišťoval reakci každého vzorku krvinek na každé sérum. Dne 14. listopadu 1901 vydává ve Vídeňském klinickém deníku práci „O projevech aglutinace normální lidské krve“, kde dokládá objev tří krevních skupin. O rok později na Landsteinerův podnět objevují jeho dva kolegové Alfredo Decastello a Adriano Sturli čtvrtou krevní skupinu, tu nejvzácnější. V roce 1912 Roger Lee prokázal, že krevní skupina 0 byl univerzální dárce a AB byl univerzální příjemce. Navzdory tomuto nárůstu znalostí většina chirurgů ještě kvůli vysokému riziku krevní transfuze neprováděla. To se však mělo změnit se začátkem první světové války (PÍSAČKA, 2000).

2.2 Janského objev

Janský se ke krevním skupinám dostává náhodou a vlastně oklikou. Zastává totiž přesvědčení, že duševní choroby musejí mít nějaké tělesné příčiny a hlavně, že by se na nich mohly významně podílet i samotné vlastnosti krve. Začal tedy zkoumat jev, který dnes známe pod pojmem aglutinace neboli shlukování červených krvinek. Vyšetřil krev 3 160 pacientů, ale žádnou psychopatologickou vazbu nenašel. Za to nezávisle na Landsteinerovi a jeho kolezích objevil a klasifikoval všechny čtyři krevní skupiny. Výsledkem bylo, že lidskou krev (ať člověka zdravého či duševně nemocného) lze rozdělit do čtyř skupin. To přednesl dne 15. listopadu 1906 ve Spolku českých lékařů. Landsteinerovi tento objev vynesl Nobelovu cenu, Janskému docenturu. Lze však až s podivem konstatovat, že Janský si na rozdíl od Landsteinera rozsah svého objevu neuvědomil. Nicméně ani samotná medicína té doby nejevila o fenomén krevních skupin dlouho zájem. Hodit se jí začal až za první světové války, kdy bylo potřeba masivně nahradit krev prolitou za vlast. Když v létě 1914 vypukla válka se Srbskem, Janský se jí chtěl aktivně zúčastnit. I přes nemalé zdravotní problémy chtěl vidět bojiště a čekal, že tažení dlouho nepotrvá. S polní nemocnicí se dostal do Srbska, kde musel často dlouho pochodovat, pracovat téměř bez oddechu a všude ho trápila velká zima. Byla to pro něj těžší řehole, než čekal. Kdykoli to polní podmínky dovolily, dával zraněným vojákům transfuze krve. Nicméně už na podzim 1914 onemocněl a nadřízení ho poslali domů. Po několikaměsíční léčbě se opět hlásil do služby a byl přidělen do Tridentu v Itálii. Avšak i zde ho přemohly vleklé zdravotní potíže a nakonec byl

převelen do pražské posádkové nemocnice. Tímto se mohl vrátit i na psychiatrickou kliniku a ke své milované vědě (PACNER, 2017).



Obrázek 8 Jan Janský

Zdroj: Skála, 2016

2.3 Inovace transfuze na počátku 20. století

Krevní transfuze jako terapie je častokrát uváděna jako významný lékařský pokrok po první světové válce. Avšak je tu řada inovací, které se udály krátce předtím, než vstoupily Spojené státy do první světové války. Do té doby se medicína nějakým způsobem pokoušela o transfuze krve po celou dobu dějin lidstva, ale víceméně selhávala kvůli řadě faktorů. Jedním z řady byl sklon k tvorbě krevních sraženin snižující tok krve mezi dárce a příjemcem a ucpávání zařízení, které se používalo k převodu krve. Krev v té době nemohla být uchovávána v nějakých nádobách či vacích a musela být podána co nejrychleji. Do roku 1900 se tedy transfuze obvykle prováděly spojením krevních cév dárce a příjemce použitím kaučukových trubiček. Další metoda vytvořená Alexisem Carrem v roce 1902 byla sutura obou cév a vylepšena Georgem Crilem v roce 1905. Tyto přímé transfuzní metody nicméně vyžadovaly řezy kůže k odhalení samotných cév. To však vyžadovalo velkou chirurgickou obratnost, což mohlo trvat i několik hodin a bylo nutné, aby dárce a příjemce leželi vedle sebe v absolutním klidu. V případě jakéhokoliv pohybu jednoho z nich mohlo dojít k přerušení chirurgického spojení, zastavení samotné transfuze a k vážným zdravotním komplikacím. Nehledě na fakt, že objev krevních skupin nebyl ještě celosvětově rozšířen a díky tomu se velmi často objevovaly těžké a často fatální reakce příjemců. Zmíněné obtíže a nevysvětlitelné reakce měly za následek, že zájem a důvěra v krevní transfuzi se na přelomu století významně zhoršila, a to zejména u evropských lékařů. Ve Spojených státech amerických však na rozdíl od Evropy zájem o transfuzi zůstal vyšší

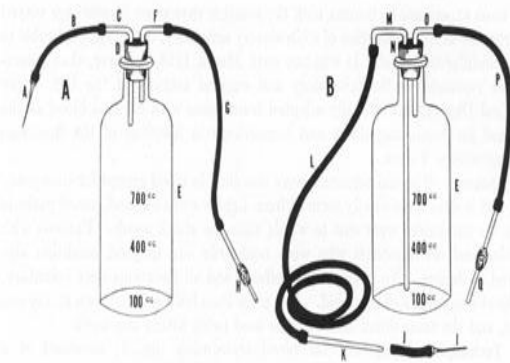
a právě v letech předcházejících válce došlo k těmto klíčovým pokrokům. V roce 1913 A. R. Kimpton a JH Brown z Bostonu shromáždili dárcovu krev do skleněného válečku, který měl stěnu z vnitřní strany opatřenu jemným filmem z parafínu. Pokud byl tento proces správně proveden, došlo k oddálení srážení shromažďované krve. Nicméně lepší byla stále metoda soustavy stříkaček, kterou navrhl a ten rok inovoval Eduard Lindeman z New Yorku. Tímto postupem udržovali odstup dárce od příjemce. Avšak nejvýznamnějším krokem bylo, že používali ostré kovové jehly zapíchnuté přes kůži přímo do žil, čímž eliminovaly nutnost řezů kůže nutných k obnažení a zpřístupnění jednotlivých cév. Další modifikace, které nahradily stříkačky za tubusy, láhve a kohoutky, zjednodušily krevní transfuzi natolik, že krevní převod byl schopen zvládnout jediný zručný lékař (SPIELMANN, 1969).

3 PRVNÍ SVĚTOVÁ VÁLKA

V dějinách lidstva to mnohokrát byla právě válka, která nepřímo ovlivnila vědecké bádání a tím posunula hranice lidského poznání dopředu. První světová válka byla z medicínského pohledu událost s velkým počtem raněných. Vystala tudíž naléhavá potřeba nepřímé transfuze a tedy konzervování krve pro potřeby bojiště. Tímto problémem se zbývalo a následně vyřešilo trio badatelů – Američanů Lewisona a Agotea s Belgičanem Hustinem. Ti v roce 1914 objevili protisrážlivý účinek citronanu sodného a tato krev, konzervovaná citronanem, byla poprvé podána v roce 1915. Ihned v následujícím roce byl tento objev zdokonalen použitím kombinace citronanu sodného a glukózy, které samotnou krev stabilizovala a umožnila její čtrnáctidenní uchování ve stavu vhodném k transfuzi (PIERCE, 2018).

V následném roce Američan Jay McLean objevil heparin, který se poté stal nejčastěji používaným antikoagulanciem. Avšak i přes všechny tyto nové objevy se mnozí odborníci nadále domnívali, že transfuze je příliš obtížná, dokud se do problematiky nevložili dva vojenští důstojníci a tento všeobecný názor v zámoří se nepokusili změnit. Major LB Robertson z Canadian Army Medical Corps uskutečnil v letech 1916 a 1917 řadu transfuzí a napsal odborné články diskutující o jeho úspěších. Zavedl nové techniky převodu krve, jako je technika pomocí injekční stříkačky a kanyly, která zlepšila a zjednodušila transfuzní postupy. Kapitán Oswald H. Robertson z US Army Medical Reserve Corps dokázal, že transfuze krve jsou bezpečné a na místo sběru krve dle potřeby zavedl odběr krve od dárců, následné zakonzervování a uskladnění konzerv s krví. Někteřími bývá označován za zakladatele první krevní banky. Díky větší dostupnosti krevních konzerv v případě náhlé potřeby bylo možné léčit a zachránit větší množství pacientů. V tomto případě raněných vojáků. První použití konzervované krve bylo během tankové bitvy u Cambrai v listopadu 1917 a Robertson se svým týmem použil krevní skupinu 0, která byla odebírána lehce zraněným vojákům v množství přibližně 700–1000 mililitrů. Většina transfuzí byla podána během deseti až čtrnácti dnů od odběru, nicméně jsou případy použití až dvacet šest dní „staré“ krevní konzervy. Dalším mezníkem bylo poznání, že obzvláště syfilis a malárie jsou přenášeny krevní transfuzí, proto byli všichni dárci trpící teplotou či horečkou vyloučeni. Prvním zraněným vojákem, který obdržel krevní transfuzi během první světové války v Evropě, byl 25letý Cpl Henri Legrain sloužící u 45. pěšího pluku.

Byl zraněn 28. září 1914 v zákopu během leteckého náletu u města Maricourt v severní Francii. Utrpěl amputaci pravé dolní končetiny nad kolenem a následně byl transportován do nemocnice zřízené v hotelu ve městě Biarritz v jihozápadní Francii, vzdáleného od bojiště bezmála 900 kilometrů. Tam, dne 16. října 1914, obdržel přímou transfuzi krve od 23letého vojáka, Pte Isidora Colase, ze 3. dělostřeleckého pluku. Ten byl zraněn střepinou do nohy dne 8. září v bitvě u města Marne a taktéž transportován do téže nemocnice. Bohužel nebyla zaznamenána jak metoda převodu krve, tak ani zda byla provedena zkouška na kompatibilitu krve. Samotný převod byl úspěšný jak pro příjemce, tak i dárce a byl proveden profesorem Emilem Jeanbrauem z Montpellier, který byl odborností urolog a sám později, snad na popud Belgičana Hustina, začal do krve přidávat citrát sodný. Do konce roku 1914 provedli lékaři francouzské armády celkem 44 transfuzí krve (HEDLEY-WHYTE, 2010).



Obrázek 9 Zařízení k převodům krve za První světové války

Zdroj: Pierce, 2019

Nejenom lékaři Spojených států a Francie se činili v podávání krevních transfuzí. Již zmíněný kanadský lékař major Robertson působící na podzim 1915 v sestavě Britské polní nemocnice, podává transfuzi krve 68 raněným vojákům. Zpočátku používá jednodušší vybavení, takzvanou Kimpton-Brownovu trubici, která je uvnitř potažena jemným filmem z parafínu. Po sérii zpráv mezi lety 1916 a 1918 a následném prostudování metod transfuze krve amerických lékařů, se i Robertson uchyluje k používání jehel a stříkačky k provedení transfuze krve. V roce 1918 byly transfuze krve přiblíženy více frontové linii na takzvané Casualty Clearing Stations, což byla taková první záchranná polní zařízení, kde se dostávalo zdravotní péče raněným vojákům před transportem do nemocnic polního typu. O tento rozmach podávání krve se zasloužili především kapitán Walker a Guiou z Kanady a major Holmes-á-Court z Austrálie. Pomocí techniky jehla a stříkačka aplikovali léčebné dávky krve raněným

vojákům na polních převazovnách a plukovních obvazištích a výrazným způsobem zvyšovali přežití raněných před samotným transportem do polních nemocnic k chirurgickému ošetření. Dárci ochotni poskytnout drahocennou tekutinu byli vytipováváni z řad lehce raněných vojáků a řádově jim bylo odebráno množství 700 až 1000 ml krve. Tak jako se na počátku války nepreferoval test krve na infekční nemoci řady syfilis, malárie, nyní byli vyloučeni jako dárci všichni vojáci, vykazující příznaky těchto onemocnění. Taktéž určení krevních skupin a kompatibility krve dárce a příjemce doznalo po sérii těžkých po-transfuzních reakcí pokroku a na konci války bylo již téměř samozřejmé, že ačkoliv nebyl v urgentních případech čas na laboratorní testy, 15–20 ml krve bylo podrobena rychlému testu hemolytické reakce (STANSBURY, 2009).

3.1 Indikace transfuze

V období konce první světové války bylo, dá se říci konečně, striktně definováno, komu a kdy se transfuze krve bude podávat. Transfuze krve se již běžně podávaly v rámci předoperační péče o pacienty v hemoragickém šoku. Nyní se transfuze krve upřednostňovaly v léčbě tohoto šoku před léčbou koloidními roztoky. Ty byly složeny ze směsi glykoproteinu a monosacharidů, jmenovitě arabinóza a ribóza získaných z pryskyřice stromů akácie. Kapitán Walker doložil, že více než polovina raněných přijatých na polní ošetrovnu a resuscitovaných koloidními roztoky vyžadovala krev. Dá se říci, že to byl přelomový výrok. Způsobil, že ranění s masivním krvácením, po zhodnocení celkového stavu a vyhodnocení pulzu a krevního tlaku, obdrží větší množství krve, to bylo 900–1000 ml. Zatímco ranění s počínajícím šokem bez masivního krvácení obdrží pouze 500–600 ml. Nicméně ještě později byla krev podávána raněným i během a po operačním výkonu, nemocným v septickém šoku nebo s chronickými nehojícími se ranami a při otravách oxidem uhelnatým. Bruce Robertson, jenž klinicky pozoroval raněné s masivním krvácením a v šoku, žádal, aby těmto raněným byla co nejdříve podána transfuze krve. Doloženými výsledky svého zkoumání poukazoval na neefektivnost přínosu převodu krve takovému raněným, jimž byla krev podána až po několika hodinách po poranění, anebo pokud u nich již nastaly degenerativní změny v organismu. Došlo-li totiž k řádnému načasování, mohla transfuze zlepšit stav kriticky raněného, u kterého se již operace neplánovala natolik, že tento urgentní zákrok byl proveden s dobrou šancí na zotavení (HEDLEY-WHYTE, 2010).

3.2 Nastavení protokolů pro transfuze krve

Resuscitační týmy i řadové sestry byly vycvičeny k určení dárců krve, zajištění samotného odběru a doručení krve před operací. To vše tak, aby nedošlo ke zmatkům v organizaci operace nebo resuscitačního výkonu. Na základě zkušeností během bojů byl transfuzní program v britské armádě formálně ustanoven jako život zachraňující léčebný výkon za frontovou linií. Transfuzní centra nastavila propojení s jednotkami zajišťujícími chod odsunových týmů a polních ošetřoven a personálu těchto jednotek připravila instruktážní kurz transfuzních technik a protokolů. Ve chvíli, kdy absolvovali tento kurz, bylo jim poskytnuto nezbytné vybavení k provádění krevních převodů. Několik armádních divizí takto získalo proškolený zdravotnický personál, jenž měl rozšířené znalosti péče o raněné vojáky. Tento zdravotnický personál byl dopředu vyžádán a převelen k jednotkám, které se podílely na velkých ofenzívách. Tímto bylo zajištěno, že krevní transfuze byly podávány vojákům okamžitě po přijetí na polní převazovny nebo praporní ošetřovny. Takto vytvořený systém nezachraňoval pouze životy raněných, ale přítomnost zdravotní péče blízko frontové linie či uvnitř samotných jednotek zlepšovala morálku vojáků. Transfuzní centra se stala součástí plánování jakýchkoliv vojenských operací. Takže ve chvíli, kdy byl znám předběžný plán vojenských operací, transfuzní týmy a jejich vybavení byly aktivovány a následně převeleny k dané jednotce. Navíc díky konzervaci může být krev dopředu odebrána, uskladněna a následně vydána v krevních konzervách přesně tam, kde byla na frontové linii potřeba. Tak bylo zajištěno, že i stroze přístrojově vybavené polní ošetřovny mohly provádět převody krve těžce raněným vojákům (STANSBURY, 2009).

3.3 Britské zdravotnické týmy

Z britské armády zmíníme dva lékaře, kteří se podíleli na rozvoji lékařské péče raněných na bojišti a kteří se stali v této oblasti velmi známými. Jsou to lékaři Alexander Fleming a Geoffrey Keynes, již zjednodušili harvardské postupy v péči o raněné. Fleming v období, kdy ještě nebyla používána antibiotika, vylepšil techniky péče o kontaminované rány použitím oplachu velkým množstvím antiseptik. Fleming zdokonalil techniky intravenózního vstupu. To bylo potřeba nejenom z důvodu aplikace krve jako transfuze, ale i při léčbě například syfilidy. Jakákoliv extravazace znamenala těžkou nekrózu okolní tkáně. Dále Fleming provedl asi sto transfuzí krve raněným vojákům se závažnými zlomeninami kosti stehenní a masivním krvácením. Všichni tito

trpěli septickým šokem a v některých případech se přistoupilo k amputacím zasažených končetin. Ačkoliv zaznamenal několik úmrtí, zaměřil se na podávání transfuzí těmto raněným a sledoval velmi dobrý efekt na jejich zdravotní stav, i když výstup počtu přeživších není znám. Keynes vytvořil první ucelené transfuzní sety zahrnující sady jehel, hadiček a láhve potřebné k provedení samotného výkonu. Používal kontejnery na krev o velikosti 1,2 litru s množstvím citrátu na 1 litr krve. Pokud se krev použila do jednoho dne od odběru, nepřidával do krve žádnou glukózu. Keynes vyházel ze školení transfuzního týmu Harvardu a spolupráce s Robertsonem. Výsledný postup byl takový, že do 40 ml krve přidávali 50 ml 2% citrátu sodného. Jelikož nepřidávali do odebrané krve glukózu, mělo to za následek, že tato krev musela být spotřebována do 24 hodin od odběru, který byl prováděn z řad dobrovolníků přímo na frontové linii (AYMAR, 2016).



Obrázek 10 Polní transfuzní stanice

Zdroj: Locations of British Casualty Clearing Stations, 2013

3.4 Německá fronta

Z pohledu opačné strany bojové linie, tedy z německé strany se mnoho záznamů nedochovalo. Jen několik zpráv v anglickém jazyce zmiňuje transfuze vykonávané na vojácích přímou metodou pomocí stříkačky. Jedničkou mezi lékaři vykonávající převody krve raněným vojákům na německé straně byl Američan německého původu Leo Eloesser. Bohužel jeho příspěvek do historie vývoje krevních transfuzí povětšinou upadl v zapomnění. Narodil se německým rodičům v Kalifornii a tam také studoval místní univerzitu, i když v té době preferoval spíše hru na housle. Když propadl u zkoušek na univerzitě v Berkeley, odešel do Německa. Vystudoval medicínu a specializoval se na chirurgii, následně se vrátil za chirurgickou praxí zpět do San

Franciska a připojil se k lékařské fakultě na Stanfordu. Ačkoliv je pro Němce prakticky cizinec, odešel v roce 1915 na německou frontu, kde působil jako vojenský chirurg. Během ošetřování raněných sbíral krev a pomocí hadiček napuštěných citrátem podával krev zraněným vojákům. Posléze začal aplikovat nepřímou transfuzi krve s přídavkem citrátu sodného. Po vstupu Spojených států amerických do války se rozhodl odejít, ačkoliv si ho němečtí kolegové velmi vysoce cenili a přemlouvali ho, aby zůstal. Díky císařově neteři, která s ním hrála ve smyčcovém kvartetu, utekl přes Kodaň z německé říše. I tak mu cesta zpět do Kalifornie trvala rok. Vojenské potřeby lidské krve při ošetřování zraněných vojáků jasně stimulovaly v této oblasti vědu a stanovily pravidla podávání krevní transfuze od výběru dárce až po krevní testování a optimální indikace k chirurgickému použití krve. Navíc vojenské dovednosti logistiky podstatně zlepšily organizaci pro vytipování a nábor dárců této drahocenné tekutiny. Ale stejně jako samotná historie inklinuje být psána vítězi, tak historické záznamy o transfuzích krve nesou značnou vojenskou stopu. I když už předválečné poznatky o převodech krve byly na úrovni, kdy se dosti dobře daly aplikovat v následném válečném období. To bylo cenné dědictví Percy Lane Olivera o jeho poznatcích kompatibility krevních skupin, vývoji antikoagulačních a konzervačních směsí až po třetí podstatný prvek, kterým byla pravidla pro bezpečnou a efektivní krevní transfuzi (ALLARD, 2012).

4 OBDOBÍ MEZI SVĚTOVÝMI VÁLKAMI

Je smutnou skutečností, že všechny inovace a nastolené postupy v podávání krevních transfuzí v období první světové války doznaly po válce skepse a v řadách odborné veřejnosti začala panovat jistá nedůvěra ke konzervované krvi a prakticky došlo k návratu k přímým krevním převodům.

4.1 České země

Nezměnil na tom nic ani čin českého profesora MUDr. Jana Kabelíka, přednosty mikrobiologického ústavu Masarykovy univerzity v Brně, kde v letech 1916–1917 úspěšně aplikoval krev rekonvalescentů k léčbě pacientů se skvrnitým tyfem. Tímto činem se stal Kabelík světovým a zařadil se mezi první průkopníky imunotransfuze. Do klinické praxe se krevní transfuze dostává jako by oklikou právě až po první světové válce, a to obzvláště zásluhou chirurgů. Většinu indikací tvořila akutní krevní ztráta. V roce 1922 to byla z prvopočátku chirurgická klinika pražské univerzity, jmenovitě její vedoucí profesor Jiří Diviš. Zajímal se nejenom o techniku samotného krevního převodu, ale také o způsob laboratorního předtransfuzního vyšetření. Postupem času začaly krevní transfuze podávat další univerzitní chirurgické kliniky a od roku 1924 se jejich užití rozšířilo i do menších nemocnic. V roce 1930 vyšla první československá monografie o krevní transfuzi. Knihu pojmenovanou *Transfuze krve* napsal Emerich Polák z kliniky profesora Diviše a přispěla ke zvýšení zájmu o podávání infuzí. Velmi podrobně zde mimo jiné popsal zkušenosti této kliniky z období 1923–1930. Na Divišově klinice byla zvolena jako optimální aplikace citrátové krve metodou Bécartovou. Zatím se však ještě nedá mluvit o konzervaci nesrážlivé krve. Druhou monografií, nazvanou *Krevní převod*, napsal profesor Netoušek až v roce 1945 a tato kniha se už stala základním kamenem k rozšíření vědomostí této problematiky. Otázkami krevní transfuze se ve dvacátých letech zabývali tak interní lékaři. Vladimír Jedlička napsal studii o terapeutickém efektu krevního převodu u pacientů s perniciózní anémií za léta 1924–1929. Kolem roku 1930 začínají projevovat zájem o krevní transfuzi také pediatri. A to zejména Procházka a Švejnar, kteří se snažili prosadit, že transfuzi může provádět každý lékař a krevní převod může mít velkým přínos i u dětských pacientů, zejména trpících infekčními nemocemi. Transfuze krve v tomto období začínají postupně pronikat i do okresních nemocnic a transfuze se povětšinou provádějí stříkačkovou metodou podáním nativní nebo citrátové krve. V roce 1936 se

v Praze koná celostátní chirurgický sjezd a transfuzní problematice je věnována značná pozornost. Pražská přednáška Durana Jordana, vedoucího barcelonské Transfuzní služby a jeho demonstrace použití konzervované krve měla tak velkou odezvu, že se nejenom chirurgové opět začínají intenzivně zajímat o užití konzervované krve. Mezi prvními, kdo začal v klinické praxi používat konzervovanou krev, byl například v roce 1937 primář kutnohorské nemocnice B. Voženílek a dále v následujících letech J. Drbohlav, K. Sázavský, K. Holubec a jiní. Nicméně jedna vlaštovka jaro nedělá a i v následujícím období druhé světové války a i po ní se u nás nedá mluvit o obecně užívané konzervované citrátové krvi. Dle pamětníků se i kolem roku 1950 v malých nemocnicích dávaly transfuze bez citrátu přímo ze žíly dárce do žíly pacienta nebo se krev dárce nechala volně vytékat do nádoby s citrátem, kde se míchala metličkou a poté stříkačkou aplikovala příjemci. Širokému využívání koncentrované krve bránila řada překážek. Hlavní z nich byl především nedostatek dobrovolných dárců krve. Na rozdíl od válečného období, kdy se dárce rekrutovali z řad lehce zraněných vojáků, se do roku 1937 využívalo jako dárců příbuzenstvo. Nicméně i zde nastaly častokrát obtíže. Přestože chtěli darovat krev, vzhledem k neznalosti krevní skupiny, bylo pozvání k odběru často zbytečné, protože transfuzi nebylo možné provést pro skupinovou inkompatibilitu. V případě shodnosti krevních skupin, a pokud se jednalo o urgentní odběr, nebyl zase čas na vyšetření zdravotního stavu dárce. Proto se ze samotné iniciativy dárců začínají vytvářet dobrovolná sdružení dárců krve, rekrutující se především z řad zaměstnanců dané nemocnice. Hlavně v menších nemocnicích je počet dárců velmi malý, a tak se krevních transfuzí mohlo užívat jen velmi omezeně. Tento spontánní vznik sdružování dárců krve však nebyl nikterak organizován. Tento nedostatek začal opět vystupovat do popředí až v době válečného napětí v roce 1938. Zárodky snah o nápravu a řešení situace však zmařila následná německá okupace. Přesto se však od roku 1943 tvořily u větších nemocnic takzvané Ústředny dárců krve. Znamenalo to, že dobrovolné organizace konečně začínají přecházet do veřejné zdravotní správy a začínají být důsledněji organizovány (PÍSAČKA, 2006).

4.2 Evropa a Rusko

Větší pozornosti se transfuze koncentrované krve začaly těšit až od roku 1925. Průkopníky na tomto poli byli sovětští lékaři. V roce 1926 byl v Moskvě založen Ústřední ústav krevní transfuze, za čtyři roky následovaly další v Leningradě a Minsku, poté v Kyjevě, Tbilisi a Charkově. V roce 1933 přišel ruský chirurg Judin v dnešní době

s téměř hororovou myšlenkou, aby se k transfuzím používala i krev čerstvě zemřelých. Tato myšlenka naštěstí nenašla příznivou odezvu. První mezinárodní kongres o transfuzi krve se sešel v roce 1935 v Římě, další pak o dva roky později v Paříži. Poetickým názvem Hemotéka, se honosila první zdravotnická pracoviště, kde se prováděly transfuze krve. S dalším rozvojem vědeckých poznatků se snižovala možná rizika jak pro dárce, tak pro příjemce. Byly vypracovány první oficiální testy a postupy ke zjištění kompatibility krve. Ke zvýšení bezpečnosti krevního převodu přispělo zavedení takzvané biologické zkoušky. To spočívalo v aplikaci malého množství dané krve příjemci a teprve pokud se neobjevily žádné nežádoucí příznaky, mohlo se v transfuzi pokračovat. Opět to však byla válka, která dokonale prověřila akceschopnost medicíny v provádění krevních transfuzí a také možnosti konzervovat krev. V průběhu občanské války ve Španělsku v letech 1936–1939 bylo provedeno až na dvacet tisíc transfuzí konzervované krve. Ta tam byla skepse a nedůvěra v konzervovanou krev v období po první světové válce. V období od srpna 1936 do ledna 1939 shromáždila transplantací služba v Barceloně více než 9 000 litrů plné krve, které bylo použito na více než dvacet tisíc transfuzí. Transplantační služba dále držela v evidenci seznam o 28 900 dárců. V případě, že bylo k dispozici připojení na elektrické vedení, byla krev uchovávána v lednicích a transportována do transplantačních stanic na frontě v izolovaných dřevěných bednách. Každý kontejner s krví byl opatřen speciální kartou, kde byla zaznamenána všechna potřebná data ohledně transfuze. Záznamy byly tak úplné, že bylo možné i následně vystopovat každý kontejner od místa odběru, odběrové stanici a identifikovat nemocnici, kde byla transfuze podána. Stáří dárců bylo v rozmezí 18–50 let, veškerá krev byla shromážděna do uzavřených systémů za přísně aseptických podmínek. Po odběru byly do krve přidány citrát a glukóza, krve stejné skupiny byly následně smíchány. Již v tomto období byly Barcelonskou transplantační službou jasně definovány indikace pro podávání krve a plazmy:

- u osob se závažným krvácením byla podána pouze plná krev, která byla vstříknuta co nejrychleji;
- zranění s masivním krvácením a v šoku dostali krev i plazmu. Pokud se zdravotní stav po podání dvou dávek krve zlepšil, byla přidána ještě jedna dávka plazmy. Poté již byla použita popřípadě jen plazma. Pokud reakce po prvních dávkách krve nebyla uspokojivá, byla před podáním plazmy přidána ještě jedna dávka krve;

- zraněným, kteří byli v lehkém šoku bez masivního krvácení, byly podány co nejrychleji dvě jednotky plazmy a následně, jestliže nedošlo k žádnému zlepšení, následovalo podání rychlé dávky plné krve. Pokud se i nadále stav raněného nezlepšil, byla mu aplikována dávka plazmy a další dvě jednotky krve během jedné hodiny;
- koncept náhrady krve byl takový, že pacientovi v hemoragickém šoku musí být nejméně 40 % ztracené tekutiny uhrazeno okamžitě. V té době však nebyly k dispozici žádné rychlé nebo spolehlivé metody odhadu množství ztráty krve. Obecně bylo řečeno, že půl litru krve nebo krevních derivátů bylo potřeba pro každý pokles krevního tlaku o 10 až 20 mm sloupce rtuti (PALFREEMAN, 2015).

4.3 Rh faktor a další inovace

V roce 1940 dal o sobě znovu vědět rakouský profesor K. Landsteiner, když společně s americkým vědcem A. Wienerem objevili takzvaný rhesus faktor, v dnešní době známý jako Rh faktor. Byl nazvaný podle drobného kočkodana *Macacus rhesus*, na němž byly prováděny první pokusy. Na základě znaku na červených krvinkách rozdělili lidi na takzvaně skupinu Rh pozitivní a Rh negativní. Vysvětlili tak celou řadu nežádoucích potransfuzních reakcí a vznik hemolytického onemocnění u novorozenců. Další výraznou inovací na poli transfuziologie bylo zdokonalení konzervace krve. Roztok citronanu sodného a glukózy byl obohacen kyselinou citrónovou, která prodloužila skladovací dobu konzervované krve na tři týdny. Separace plazmy z plné krve a následná lyofilizace mnohonásobně prodloužily její použitelnost a významným způsobem obohatily stále se rozšiřující spektrum hemoterapeutických postupů. Sušená plazma se osvědčila především při těžkých poraněních jako rychlý prostředek k doplnění objemových ztrát. Její velkou předností byla možnost jejího skladování bez použití chladicí techniky. V roce 1940 se podařilo americkému vědci A. J. Cohnovi rozdělit plazmu na jednotlivé složky v čisté i koncentrované formě. Tato frakcionace krevní plazmy je dodnes důležitým nástrojem při výrobě krevních derivátů (HARDWICK, 1969).



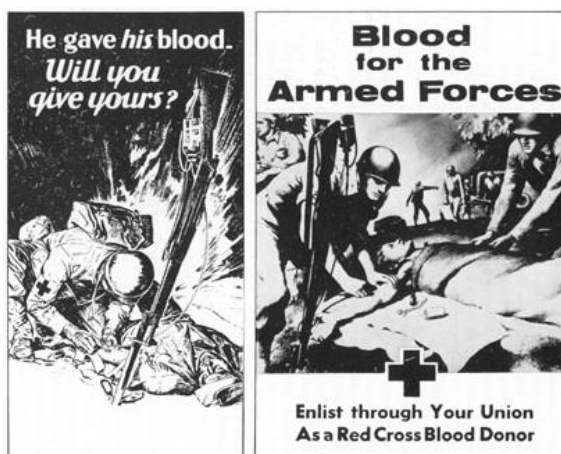
Obrázek 11 Mobilní transfuzní jednotka

Zdroj: ACS, 2019

5 OBDOBÍ DRUHÉ SVĚTOVÉ VÁLKY

Dá se říci, že na počátku druhé světové války, potažmo v období před druhou světovou válkou měly téměř všechny světové velmoci program na převod lidské krve druhému člověku. Samozřejmě to bylo i díky španělské občanské válce, kde se od počátku na straně frankistů angažovaly Německo a Itálie, na straně republikánů působily SSSR a Mexiko. Tato rádooby krátká válka však ovlivnila i další velmoci, Velkou Británii a Spojené státy. Měla taktéž obrovský význam pro počáteční fázi druhé světové války. Jak síly Osy, tak Sovětský svaz si v ní vyzkoušely svoji techniku, schopnosti, bojové, logistické a medicínské doktríny. Získaným zkušenostem přizpůsobily výcvik vojáků, zbrojní a ostatní programy. V první světové válce zahynulo osm až jedenáct vojáků ze sta předtím, než se jim dostalo zdravotnické péče v nemocničním zařízení. Ve druhé světové válce bylo toto číslo sníženo na 4,5 mrtvých vojáků a ve válce v Koreji dokonce na necelé tři vojáky ze sta zraněných. Důvod může být ve stylu vedení boje nebo vybavenosti vojáků. Nicméně podstatnou částí k tomu přispěla organizovanost a rozvoj zdravotnické péče na bojišti, kdy důsledkem bylo, že míra úmrtnosti bojových zranění je přímo úměrná dostupnosti okamžité, ale přiměřené resuscitace a rutina v poskytování zdravotnické péče. Plná krev a plazma zde hrály hlavní roli. Snad jen Spojené státy zaostaly a je jen zpětně těžké pochopit, proč tak pomalu a neochotně přiznaly benefity použití plné krve během první světové války a války ve Španělsku. Nevyužily zkušenosti s transfuzí plné krve a britského transfuzního programu v prvních měsících druhé světové války, kdy byla jasně prokázána nezbytnost a přínos plné krve pro zraněné vojáky během bojové činnosti na frontě. A proto v roce 1939, při vypuknutí druhé světové války, Spojené státy byly bez organizovaného systému krevních bank a bez reálných plánů efektivně dodávat plnou krev nebo plazmu zraněným obětem na frontu. Naštěstí události dostávají rychlý spád. Jak bylo výše zmíněno, profesor biologické chemie na Harvardu rozdělil plazmu na jednotlivé frakce. John Elliott vyvinul první vakuovou krevní nádobu, kterou začala masivně používat organizace Červený kříž. V roce 1940 vláda Spojených států zavádí organizovaný celostátní program sběru krve a Charles R. Drew zahajuje národní akci nazvanou „Plazma pro Británii“. Jde o pilotní program sběru krve k přepravě na britské ostrovy. Na tomto projektu následně participuje i Červený kříž, který během druhé světové války celkově shromáždil 13 miliónů jednotek krve. Tato sbírka je i nadále považována za největší organizovanou lékařskou intervenci, jaká kdy byla provedena ve

Spojených státech. Sběr krve byl závislý jak na neplacených dárcích krve, tak pracovnících zajišťujících sběr a chod jednotlivých středisek. Během celé akce Červený kříž pracoval na standardech procesu sběru a vytvořil kritéria pro dárcce krve, jež museli dodržovat (KING, 1965).



Obrázek 12 Poster Červeného kříže vyzívající k dárcovství krve

Zdroj: The Society for the History of Navy Medicine, 2019

V roce 1941 se naplno projevil objev Cohna ve frakci plazmy, kdy extrahoval samotný albumin. Během útoku na Pearl Harbor významný chirurg z Philadelphie Isodor Ravdin účinně léčí právě oběti tohoto útoku žilní aplikací albuminu, který absorbuje tekutinu z okolních tkání do krevního řečiště, zabraňuje tím jeho kolapsu a zlepšuje prognózu a zdravotní stav zraněných v šoku. Další vylepšení sběru a skladování krve uvedli do praxe v roce 1943 J. F. Loutit a P. L. Mollison. Zavedli použití roztoku kyseliny citrónové a detrózy, čímž snížili objem používaných antikoagulancií a umožnili vykonávat transfuze o větších objemech. Díky této směsi mohla být krev skladována po delší období. V témže roce P. Beeson publikoval odborný článek o hepatitidě, která byla přenesena transfuzí krve. O dva roky později, v roce 1945, Coombs, Mourant a Race popsali použití antihumánního globulinu, později známého jako „Coombsův test“ k identifikaci neúplných protilátek. Tento test, též známý jako antiglobulinový test (AGT), je termín pro dva klinické krevní testy užívané v imunohematologii a imunologii (LEBLANC, 2016).

5.1 Plná krev versus plazma

Poskytování plné krve ozbrojeným složkám v množství, které je bezprostředně potřebné, společně s bezpečným skladováním a přepravou představovalo obrovskou zátěž pro logistickou službu. Nicméně v této době byla plná krev lékem volby při léčbě šoku z masivního krvácení a pouze tato mohla raněného pomoci dopravit do zdravotnického zařízení k chirurgickému řešení daného poranění. A proto přes obtíže spojené s transportem plné krve do předních linií byla krev skladována přímo na frontě po většinu války. Na druhou stranu, již v roce 1934 zaznamenal Dr. Max Struim první použití plazmy k záchraně lidského života, namísto použití plné krve. Dále se vědělo, že plazmové transfuze pomohly zvýšit objem v krevním řečišti, zvrátit významný pokles krevního tlaku a tím předejít šokovému stavu raněného. Navíc transfuze plazmy nevyžadovaly shodu krevních skupin a sušená plazma byla snadno, bezpečně a rychle komerčně vyráběna ve velkém množství. A konečně, použití sušené plazmy vyřešilo problémy s uchováním plné krve a dopravou, neboť nevyžadovala žádné chlazení a nemohla být poškozena výkyvy teplot. To vše dostávalo plazmu do popředí při léčbě šoku u raněných vojáků na frontové linii. Plazma se stala doslova „záchranářem na bojišti“ a díky svému rychlému rozšíření byla považována za magický lékařský objev války. Plazma samozřejmě nebyla při léčbě šoku tak účinná jako plná krev, ale díky nadšením a ohlasu z jejího užívání tak trochu zastřela klinický úsudek. Doplnila totiž krevní oběh, nicméně ztracené červené krvinky ne, a ty byly poté potřeba v přípravě raněného na definitivní chirurgický výkon. I tak bylo přibližně 75 % ze 13 miliónů jednotek shromážděných během válečného krevního programu použito k výrobě krevní plazmy. A i v dnešní době sušená plazma pomáhá řešit nedostatek krve obzvláště v rozvojových zemích (NORRIS, 2009).

5.2 Britská armádní transfuzní služba

Britská armádní služba byla členěna na tři úrovně. První stupeň byl dislokován na domácím území, kde probíhal sběr, skladování krve a plazmy v Británii. Dále zajišťoval tréninkové kurzy pro následný personál jednotlivých transfuzních týmů. Druhý stupeň byla základní transfuzní jednotka v místě operací, která zajišťovala distribuci krevních derivátů polním transfuzním jednotkám, což byly poslední stupně britské transfuzní služby. Tato základní transfuzní jednotka byla spojnicí mezi domácí scénou a předsunutými polními transfuzními týmy. Její funkcí bylo odhadovat reálné potřeby

krve a plazmy, zajistit dodávky těchto cenných tekutin do místa operačního nasazení. Byla odpovědná za materiální a přístrojové vybavení a zajišťovala servis těchto přístrojů. V případě nedostatku plné krve z domácí scény zajišťovala sběr plné krve z místních zdrojů a distribuovala tuto pozemní, vzdušnou nebo vodní cestou až k polním týmům na frontovou linii. Předsunuté polní transfuzní týmy byly nejmenšími jednotkami v celém britském transfuzním programu. Byly zcela samostatné a plně vybavené pro provádění transfuzí v terénu. Jejich personál se sestával z velitele a tří mužů, z nichž jeden byl řidič, který měl na starosti i kompletní chladicí zařízení. Na spolehlivosti a účinnosti těchto chladniček závisela bezpečnost transportované krve. Tyto jednotky působily tam, kde se očekával největší počet zraněných během válečných operací a povětšinou působily v kombinaci s předsunutými chirurgickými týmy. Neméně však byly vyžadovány i do předních linií, kdy doplňovaly polní ošetrovny či polní obvaziště (SHEPPARD, 1959).



Obrázek 13 Polní transfuzní tým britské armády

Zdroj: File British Medical in the World War, 2017

5.3 Sovětský armádní krevní program

Zatímco z období první světové války není mnoho dochovaných informací o hrazení krevní ztráty u zraněných v šoku, všechny dostupné zprávy naznačují, že i zde byla krev hlavním náhradním roztokem. Toto lze předpokládat i z důvodu přítomnosti velkého počtu civilního obyvatelstva jako potenciálních dárců a jeho blízkosti k frontám. Dále zde byl prvek chladného klimatu, jež eliminoval mnoho potíží s uchováním a skladováním plné krve. Celostátní transfuzní služba, která fungovala v Sovětském svazu již před válkou, byla v Moskvě roku 1936 organizována plukovníkem A. A. Bagdasarovem. Tento důstojník nasměroval v roce 1939 transfuze krve přímo do

bojové vřavy během hraniční války s Japonci a v roce 1940 během války s Finskem. Ústřední institut pro transfuze krve v Moskvě byl v čele několika podřízených institutů a nadřízen asi 1,5 tis. center dárců krve. Když vstoupil Sovětský svaz do války, staly se tato centra jakýmsi systémem továren na sběr, uchování a distribuci krve tam, kde jí bylo potřeba. Asi 95 % dárců byly ženy, ve srovnání s 50 % ve Spojených státech. Objem darované krve se pohyboval od 225 do 450 ccm. Následné darování krve bylo povoleno až po čtyřech až šesti týdnech a to jen v případě, že dárce byl bez obtíží a jeho krevní obraz byl v pořádku. Pro shromažďování krve byl používán standardní čtyřhranný zásobník. Láhve byly poté vloženy do speciálních izotermických boxů a následně nejlépe letecky transportovány na místo určení. Krev byla umístěna do 200 ccm ampulí, které se daly dobře nosit ve výstroji zdravotníků na bojišti a mohly být tedy použity opravdu během bojů. Rusové používali povětšinou krev typu 0, anebo velké množství plazmy. Transfuzní ústav vypracoval metodu, která umožnila uchování krve po dobu tří až čtyř týdnů bez ztráty biologických vlastností. Dále ústav navrhl techniku sušení plazmy, která zajistila její naředění před použitím bez zákalu či srážení. Transfuze byly podávány na všech úrovních zdravotnického zabezpečení praporu. Nejčastější indikací byl hemoragický šok, převážně z masivního končetinového krvácení nebo krvácení do dutiny břišní. Zkušenosti ruského transfuzního ústavu a zdravotnických jednotek v poli ukázaly, že účinná je pouze velká transfuze nejčastěji o objemu 1000 až 1500 ccm (SKALA, 1978).

5.4 Německá zkušenost s transfuzí krve na bojišti

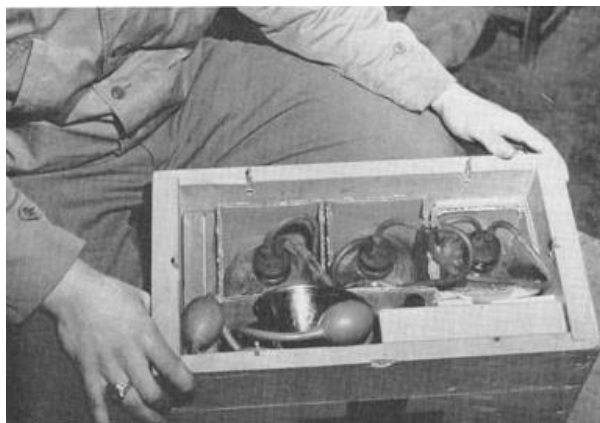
Kdy byl přesně zahájen organizovaný armádní transfuzní program v německých zemích, není zcela jasné. Civilní program byl založen v roce 1940 zákonem, který umožňoval darovat pouze krev takzvaně árijskou. Dále stanovil platbu deseti marek za prvních 100 ccm a pět marek za každých dalších 100 ccm. Proces vojenského zadávání zakázek na darování krve zřejmě vycházel z téhož zákona. Laboratoř pro transfuzi krve v Berlíně byla poznamenána na počátku války těžkým bombardováním, a všechny důkazy naznačují, že zásobování přístrojovým vybavením a krví bylo nedostačující. Dárci byli rekrutováni z řad zdravotnického personálu, ošetřovatelek, pomocných asistentů a lehce zraněných pacientů. Bylo vynaložené nemalé úsilí k vyloučení onemocnění tuberkulózou, malárií a syfilidou u dárců. Nicméně sérologické vyšetření bylo jen zřídka praktikováno a spíše se spoléhalo na prohlášení samotných dárců, že netrpí například syfilidou či jiným onemocněním. Takový dárce musel být obvykle

přiját k odběru. Krevní skupiny zapsané v knihách vojáků byly často zapsané nesprávně a před každou transfuzí bylo nutné nové stanovení. Pokud to nebylo možné, z důvodu nebezpečí z prodlení podání transfuze, bylo aplikováno 10 ccm krve příjemci a počkáno na jeho reakci. Německé zkušenosti s konzervovanou krví byly převážně z období mezi rokem 1940 a 1942. Bohužel po řadě závažných reakcí u pacientů, řada německých lékařů ztratila zájem o tuto možnost. Tento pohled na transfuze ještě umocnila zkušenost některých lékařů, kteří provedli transfuzi krve v polních podmínkách a zaznamenali řadu negativních reakcí, převážně zimnic. Plazma byla německými vojáky používána zřídka, ačkoliv zdravotníci, kteří použili plazmu ze zabavených spojeneckých zásob, byli z jejích účinků na léčbu nadšeni. Po kapitulaci Německa v roce 1945 dostali američtí důstojníci možnost nahlédnout do německých armádních postupů a nařízení. Navštívili řadu zdravotnických zařízení na různých úrovních péče a konstatovali, že z toho, co bylo zanecháno, nemohli s určitostí posoudit první období války. Avšak ve světle co nacházeli v pozdějším období, hlavně v Itálii, bylo německé řízení šoku a krvácení v ostrém kontrastu s postupy Spojených států či Aliance. Extrémní bledost mnoha raněných pozorovaných v německých zdravotnických zařízeních podpořila názor, že ranění v šoku dostávali jen málo nebo žádnou krev na zvrácení svého stavu (KENDRICK, 1965).

5.5 Válka v Pacifiku

Zásobování krví bojových jednotek v západním Pacifiku bylo organizováno na základě zkušeností transfuzní služby v Británii a Červeného kříže ve Spojených státech. Hlavní zásobení jednotek bylo koordinováno Červeným křížem v Jižním Walesu v Austrálii a bylo postaveno především na výzkumu roztoku citrátu sodného a glukózy. Dalším podstatným prvkem byla praxe v přepravě krve a plazmy v dřevěných boxech, jež mohly být transportovány letecky za udržení konstantní teploty. K dárčovství byla používána pouze krevní skupina 0, kdy byla krev ze dvou dárců (každý asi 430 ccm krve) uložena do jednolitrového vaku s potřebným množstvím citrátu a glukózy. Jakmile byla krev odebrána a zpracována, byla uložena do elektrické lednice po dobu dvou hodin. Poté byly krevní konzervy uloženy do již zmíněných dřevěných boxů naplněných ledem, které udržely vnitřní teplotu v rozmezí 4–8 °C po dobu 48 hodin. Pokud však nebyl box vystaven přímému slunečnímu záření, držel danou teplotu někdy až pět dnů. Expirace krve byla pak 10 dní od odebrání. První takový box byl transportován z Austrálie pro australské bojové jednotky v září 1942 do Nové Guiney.

Poté již byla krev nepřetržitě dodávána do bojových oblastí v Pacifiku. Po srpnu 1943 byly krevní konzervy distribuovány i mezi civilní lékaře a nemocnice v oblasti kolem Sydney. Ve chvíli, kdy se bojiště v Pacifiku příliš rozšířila a vzdálenost do místa určení krve byla příliš velká, krev prošla mezipřistáním na základně Finschhafen v Papue Nové Guineji. Zde byla krev přebalena, znovu uskladněna a poslána do oblasti bojů. Do prosince 1944 bylo ze Sydney a Brisbane na bojiště v Pacifiku transportováno 7 000 litrů krve (CORTIULA, 1999).



Obrázek 14 Box k letecké přepravě krevních konzerv

Zdroj: History Amedd Army, 1665

5.6 Transfuze krve v kontextu 2. světové války

Je nesporné, že druhá světová válka byla obdobím velkých změn v oblasti transfuze krve. Koncepty vyvinuté před válkou, jako myšlenka použití plazmy místo celé krve a teorie šoku, které byly vyvinuty během první světové války, se v prvním období druhé světové války realizovaly. Transfuze se změnila z přímého převodu na postup konzervace krve, což umožnilo, že samotná transfuze krve či plazmy mohla být provedena tisíce mil a spoustu dní od počátečního místa sběru. Možná je to mnohem důležitější, než neplacené dobrovolné dárcovství krve ve Spojených státech, které se stalo národním jevem. To vše představuje významný posun od decentralizovaného systému profesionálních dárců a přímých transfuzí. V případě darování a sběru krve byla druhá světová válka dobou modernizace. Došlo k zavedení národních krevních programů a byl položen základ pro moderní krevní systémy. Nicméně, hematologie byla dosud velmi omezena lékařskými znalostmi té doby, jak bylo prokázáno použitím plazmy jako zázračné medicíny pro šokové stavy. Zatímco skutečná implementace některých aspektů krevní transfuze nemusí být v retrospektivě považována za moderní,

základní koncepce využití plazmy v léčbě, využití dobrovolných dárců ve standardizovaném centralizovaném systému sběru krve položilo základy pro mnoho aspektů transfuze krve dnešní doby. Vzhledem k těmto skutečnostem uvedl plukovník Churchill ve svých prvních memorandech i následných zprávách následující body:

- plná krev byla prostředkem volby při tekutinových resuscitacích velké většiny bojových zranění;
- podání plné krve bylo jediným správným terapeutickým postupem, který účinně připravil raněného na operační výkon k záchraně života a končetin;
- použití plné krve v perioperačním období snížilo úmrtnost pacientů a výskyt vážných infekcí operační rány;
- krevní plazma by měla být brána k poskytnutí první pomoci v polních podmínkách u traumatických stavů nebo jako doplněk k plné krvi, nikoli jako náhrada za ni.

Plukovník Churchill dospěl k závěru, že reálná zkušenost jasně vymezila jak indikaci, tak důvod použití plazmy a plné krve. Obě dvě měly velkou vypovídající hodnotu v léčbě šokového stavu, ale každá měla své vlastní individuální a specifické účely. Pokud měly být použity efektivně, bylo třeba mít na mysli jak omezení, tak i indikace (KENDRICK, 1965).

6 VÁLKA VE VIETNAMU

Vojenské konflikty přesahující lokální rozměry jsou často zdrojem pokroku v medicíně a celkové zdravotní péči. Před a během války samotné byl vytvořen ucelený a funkční systém odběru a distribuce krve pro tento válečný konflikt. Z počátku program krve pro ozbrojené služby plnila 406. laboratoř v Okinawě, nicméně jak válka postupovala a rostly požadavky na množství krve, kapacita 406. laboratoře nedostačovala. Proto byla v roce 1966 zřízena laboratoř na letecké základně McGuire na Aljašce. Distribuční čas od odběru a převzetí ve Vietnamu byl pouhých dvacet hodin. Během konfliktu program shromáždil téměř 1,8 milionu jednotek krve na podporu vojsk ve Vietnamu. Již před samotným konfliktem byla u některých raněných popisována koagulopatie. Jednalo se především o pacienty, kterým bylo podáno více jednotek skladové krve. A právě tato válečná událost poskytla neočekávanou příležitost posoudit transfuzní strategii z různých perspektiv. Během bojů došlo k více než 50 000 válečných úmrtí a ještě více zraněných vojáků, z nichž mnozí utrpěli amputace či částečné amputace jedné nebo více končetin. Rozsáhlá poranění byla způsobena pozemními protipěchotními minami a jinými improvizovanými výbušnými zařízeními, které byly velmi často silně kontaminovány nečistotami, výkaly a jiným infekčním materiálem. Výsledkem těchto zranění byla nejenom chirurgická amputace devastujících poranění, stabilizace zlomenin, ale také rozsáhlé odstranění nekrotické tkáně. Tyto postupy byly samozřejmě spojeny s rozsáhlými krevními ztrátami a následně masivními transfuzemi. Ve většině případů dostávali pacienti v rámci tekutinové resuscitace plnou krev. Ta byla z předešlých válečných zkušeností uložena v krevních konzervách s roztokem citrátu a glukózy. Kromě obav z masivního krvácení a infekcí ran zůstala celková sepsis vážným život ohrožujícím problémem. Bylo zaznamenáno, že ranění, jejichž zdravotní stav vyžadoval transfuzi více než deseti jednotek krve, měli častější výskyt sepse a respiračního selhání (MILLER, 2009).

Válka ve Vietnamu byla zlomová jak z pohledu vojenské strategie, tak v organizaci zdravotnického zabezpečení bojiště, včetně postupů transfuze krve přímo na bojových liniích. Již na konci druhé světové války, poté během války v Koreji a ve Vietnamu, byla poprvé k transfuzi použita plná krev skupiny 0 Rh negativní s nízkým titrem IgM anti-A and anti-B (v množství $< 1:256$), známou pod zkratkou LT0WB. Army Blood Programme ve Spojených státech během války ve Vietnamu distribuoval do oblastí

konfliktu přes 400 000 jednotek této krve, která byla následně použita k transfuzím těžce zraněných vojáků. Avšak díky masivnímu nasazení vzdušných odsunových prostředků se zkrátil čas do evakuace a i samotné evakuace natolik, že se od podání krve v přednemocniční fázi ošetření raněných na bojišti postupně ustupovalo. To znamenalo, že vážně zranění vojáci byli odsunováni do zdravotnických zařízení nejčastěji vrtulníky, a během odsunu byl jejich intravaskulární oběh resuscitován podáním převážně krystaloidních roztoků (MILLER, 2013).

Během války došlo k rozmachu využití takzvaných jednotek MASH, což byly mobilní armádní chirurgické nemocnice. Poprvé byl tento typ nemocnic využit v srpnu 1945, a nahrazen v roce 2006 větší typem nemocnice CSH (podpůrná polní nemocnice). Jednotka MASH měla kolem 10 lékařů, převážně chirurgů, 12 zdravotních sester a dostatečné technické a materiální vybavení pro život a končetiny zachraňující chirurgické výkony. Tyto prvky zdravotnické podpory byly mobilní, mohly být rychle rozebrány a tím bylo umožněno sledovat přední linie bojů. Blízkost bojiště a krátké přepravní vzdálenosti výrazně zvýšili úspěšnost léčby a přežití pacientů. Nicméně i přes relativně na toto období krátké dojezdové časy, dorazili ranění do nemocnic často anemičtí a zároveň i hypovolemičtí. Následná tekutinová resuscitace probíhala taktéž pomocí krystaloidních roztoků, avšak již v kombinaci plné krve. Tato krev s roztokem citrátu a glukózy byla poslána ze Spojených států ve stáří obvykle 8–20 dnů. Po prvotních zkušenostech si však začali uvědomovat, že plná krev je nedostatečná v koagulačních faktorech a navíc je kyselá. Důsledkem toho byla aplikace čerstvě zmražené plazmy po každých 5–10 jednotkách podané plné krve. Na zvýšení Ph krve se začal používat rutinně bikarbonát sodný, ačkoliv jeho prokazatelné účinky nebyly zpětně potvrzeny. Raději se zdravotnické prvky zaměřily na zhodnocení a vyhodnocení poruch koagulace, pokusili se identifikovat hodnoty, které korelovaly s významnou koagulopatií a účinností následné léčby. Tyto poznatky měly dopad i na civilní prostředí, jelikož došlo k rozpoznání vlivu transfuzí na chronická onemocnění, která byla běžně léčena v dřívějších dobách právě aplikací plné krve. Navíc jak uvádí statistiky, zranění vojáci představovali poměrně homogenní populaci, od které mohl být posuzován sekundární dopad na koagulaci. Byl nastaven jednoduchý protokol vyšetření raněného, který byl transportován z bojiště, a byla u něj zahájena tekutinová resuscitace krystaloidy. Základní hodnoty koagulace byly okamžitě získány po přijetí do nemocnice, to znamenalo obvykle půl až dvě hodiny od vzniku poranění a hlavně před

podáním plné krve. Další hodnoty koagulace byly získány po transfuzi pěti jednotek krve. Výsledkem byla přesná charakterizace komplikací vyvolaných transfuzí, zejména koagulopatie. Již během studie si armádní pracovníci začali uvědomovat, že jejich výsledky přesáhly hranice vojenské medicíny. Některá data a pojmy z této válečné zkušenosti a rozsáhlé studie z roku 1968 byl začleněny do jednotlivých protokolů pro předoperační transfuze krve v Americké společnosti anesteziologů z roku 2006 (SPURGEON, 1991).



Obrázek 15 Aplikace krevní plazmy raněnému vojákovu

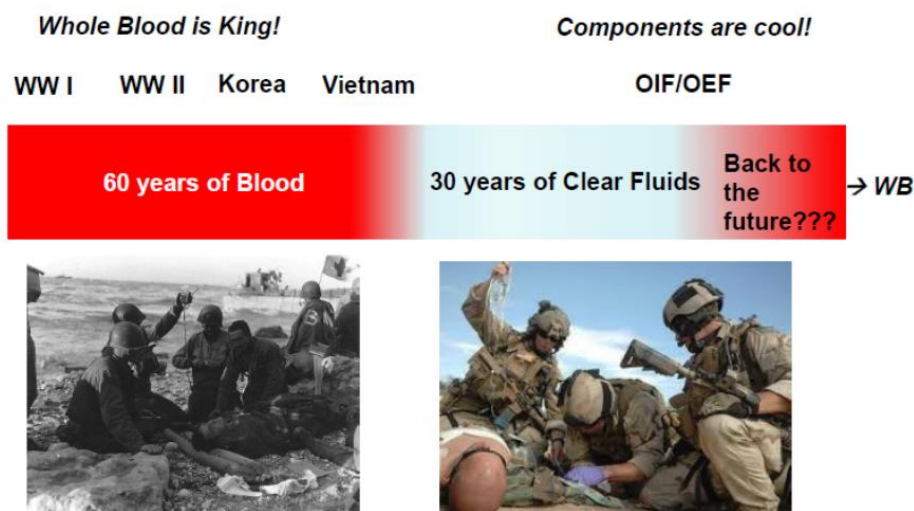
Zdroj: Sheehan, 2017

7 Krevní transfuze v 21. století

Již během války ve Vietnamu došlo k útlumu užití krevních derivátů v přednemocniční neodkladné péči a tento fakt se taktéž promítl po válce i do civilní sféry. Nastalo období syntetických náhradních roztoků jako léků první volby tekutinové resuscitace v přednemocniční neodkladné péči. Podání krve a krevních derivátů u traumatizovaných pacientů se přesunulo do nemocniční fáze. Byly vytvořeny postupy DCR, ATLS, TCCC, PHTLS, které všechny reflektovaly tento vývoj a doporučovaly k léčbě traumatického šoku náhradní syntetické roztoky. Po mnoho let od války v Koreji a Vietnamu se udržoval standard Damage Control Resuscitation (DCR) v podání krystaloidních roztoků a červených krvinek. Postupem času se tento standard vyvinul tak, aby zahrnoval použití balancovaných roztoků a jednotlivých krevních komponentů. To znamenalo využití červených krvinek (RBCs), čerstvě zmražené plazmy (FFP) a krevních destiček (PLTs) v poměru 1:1:1, avšak ne víc než 10 jednotek červených krvinek za 24 hodin. Využití tohoto protokolu se snažilo napodobit výhody plné krve s jednotlivými komponenty. Stanovení léčby šoku jednotlivými komponenty krve se dělo na základě snahy o snížení rizika transfuzních onemocnění, požadavků na specifickou terapii a koneckonců na logistické problémy při použití plné krve. Při tomto vývoji byl obzvláště kladen důraz na použití krystaloidních roztoků především v přednemocniční fázi ošetření raněných. Důsledkem toho byl nevyrovnaný přístup k tekutinové resuscitaci, což vedlo k iatrogení koagulopatii, acidóze, a pokud se přidala hypotermie, docházelo k rozvoji takzvané Smrtící triády (HOLCOMB, et al., 2015).

Na začátku 21. století provedla Izraelská armádní zdravotnická služba zajišťující MEDEVAC studii, kdy přezkoumala v průběhu 30 měsíců data 40 pacientů, kteří obdrželi 60 jednotek erytrocytárního koncentrátu 0 Rh pozitivní. Průměrný čas od úrazu do hospitalizace byl 120 minut. Dvacet jedna z 31 pacientů, kteří byli přijati do nemocnice naživu, dostalo v přednemocniční fázi transfuzi krve. U devíti zraněných byla hodnota hemoglobinu menší než 70 g/l, přičemž jeden z těchto raněných zemřel. Existoval jeden případ drobné nežádoucí reakce, která mohla být přičítána přednemocniční transfuzi. Přednemocniční transfuze krve mají u některých raněných obrovský benefit, obzvláště při dlouhém transportu z místa incidentu do nemocnice. Nutno podotknout, že izraelská armáda používala transfuze krve od 60. let 20. století

během Suezské krize a od roku 1970 je zdravotnický personál předsunutých chirurgických týmů standardně vybaven krevními deriváty (CHEN, et al., 2017).

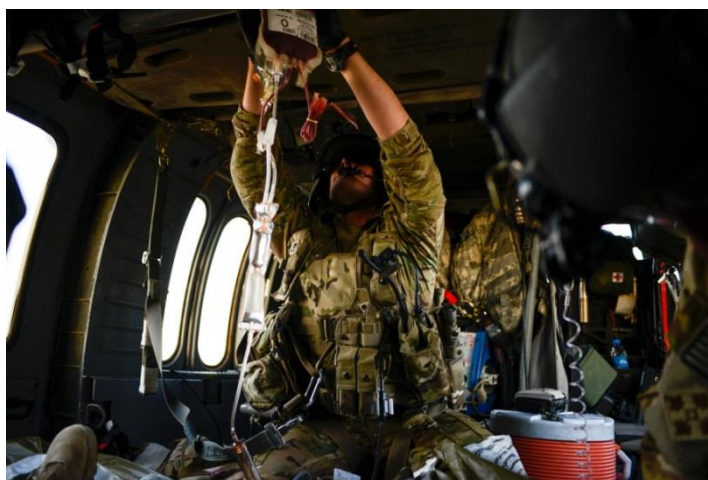


Obrázek 16 Časová osa používání krve na bojišti

Zdroj: Whole Blood, 2017

V roce 2004 byla tato koncepce vytvořena a jako první ji zavedla letecká záchranná služba města Pittsburgh a v následujících letech se rozšířila do ostatních států Spojených států amerických. V témže roce 2004 byla tato koncepce implementována americkým ministerstvem obrany. Cíl rekonstituce plné krve pomocí poměru komponent 1:1:1 v armádních traumacentrech byl zaměřen na prevenci a korekci trauma-indukované koagulopatie s minimálním použitím krystaloidů. Nicméně opět do tohoto vývoje vkročil válečný konflikt, a to operace Trvalá svoboda v Iráku a v Afghánistánu. Během tohoto válečného období se opět oživil zájem o plnou krev (FWB) pro DCR během hemoragického šoku. Použití FWB v boji prokázalo lepší výsledky než léčba komponenty a v roce 2014 doporučil výbor pro Tactical Combat Casualty Care (CoTCCC) použití FWB pro DCR v hemoragickém šoku. Mezi prvními složkami, které tento protokol implementovaly, byly speciální síly Spojených států, jmenovitě 75. pluk Ranger. V úsilí poskytnout co nejnáze FWB v místě incidentu či zranění, byl v roce 2015 vytvořen program LTW0B. V roce 2016 program Army Services Blood (ASBP) začal distribuovat za studena uložené LT0WB jednotkám do Afghánistánu. Použití LT0WB uložených za studena se využívá i nyní v civilních záchranných službách v přednemocniční neodkladné péči (NESSEN, et al., 2013).

Americká armáda provedla v období května až července 2012 v provincii Kandahár na jihu Afghánistánu sérii transfuzí krve 15 raněným. Celkově bylo podáno sedm jednotek plazmy, 12 jednotek erytrocytárních koncentrátů 15 zraněným. V jednom případě bylo před podáním transfuze provedeno zajištění dýchacích cest z důvodu traumatu orofaciální části hlavy a u osmi raněných bylo zastaveno masivní končetinové krvácení. Průměrná doba od rozhodnutí do zahájení samotné transfuze byla 6,7 minut. Ve dvou případech byly podány před přiletem do nemocničního zařízení dvě jednotky EBR, u třech zraněných bylo podáno 1,5 jednotky krve, u pěti zraněných došlo k transfuzi jedné jednotky a nakonec v pěti dalších případech se nepodařilo aplikovat celou jednotku. Množství převedené krve bylo úměrné době transportu do zdravotnického zařízení. Ve 13 případech bylo mechanismem úrazu improvizované výbušné zřízení a ve dvou střelná poranění. Indikace k provedení transfuze krve raněným zahrnovaly traumatická poranění, v pěti případech s hodnotou systolického tlaku krve pod 90 mmHg, ve 13 případech byla srdeční akce raněných nad 120 pulsů za minutu, u jednoho raněného byla naměřena saturace krve kyslíkem pod 90 % a vícečetné amputace v pěti případech (MALSBY, et al., 2013).



Obrázek 17 Transfuze krve na palubě MEDEVAC

Zdroj: Beardsley, 2013

V roce 2012, jako první v Evropě, zavedla transfuze krve Letecká záchranná služba v Londýně. Používala erytrocytární koncentrát a po jeho zavedení se snížilo úmrtí traumatizovaných pacientů, kteří následně obdrželi transfuzi, z 34 % na 19 %. V současném stavu populace v Londýně utrpí asi 100 lidí ročně traumatické zranění s masivním krvácením, které vyžaduje co nejrychlejší přístup k náhradám krve. V roce 2018 tedy vstoupila Letecká záchranná služba do dvouleté studie, kdy bude vybavena

konzervami chlazené plné krve. Od zavedení aplikace plné krve očekávají výrazné zlepšení zdravotního stavu v místě události, což jim umožní následný transport do zdravotnického zařízení k chirurgickému řešení poranění a tím zvýší šanci na přežití pro kriticky zraněné pacienty s těžkou ztrátou krve (UK First Whole Blood, 2018).

7.1 RABBIT

Jedná se pilotní projekt v České republice. Název je odvozen od prvních písmen anglického sousloví Rapid Administration of Blood By Hems In Trauma. Na jeho přípravě spolupracovala Zdravotnická záchranná služba Královéhradeckého kraje s Oddělením urgentní medicíny, traumacentrem a Transfuzním oddělením Fakultní nemocnice Hradec Králové. Po schválení etickou komisí FN HK v červnu 2016 musely být realizovány nejen legislativní a organizační, ale také materiální podmínky. V květnu 2018 byly veškeré přípravné kroky zrealizovány tak, aby se projekt mohl spustit k 1. červnu. Transfuzní přípravky se využívají v systému HEMS (Helicopter Emergency Medical Service), v pozemním provozu záchranné služby se s transfuzemi nepočítá. K dispozici mají jednu jednotku plazmy a jednu jednotku erytrocytárního koncentrátu.



Obrázek 18 Transfuze krve HEMS

Zdroj: Truhlář, 2017

Transfuze se uchovávají v chladicím boxu při stabilní teplotě 4 °C jako v nemocnici na urgentních příjmech. Oba krevní deriváty je možno podat během 20 minut, a to díky průtokovému ohřívači, který roztok ohřeje na 38 °C. Chladicí box je dodán z Transfuzního oddělení v nemocnici, kam je taktéž po 24 hodinách navrácen. Box je zapečetěn a při návratu se jak pečeť, tak vnitřní teplota zkontroluje a krev se dá opět použít (NOVÁK, 2018).

7.2 Walking Blood Bank

Jedná se o systém registrovaných dobrovolných dárců krve, kteří by v případě potřeby přišli a potřebnou krev darovali. Chodící krevní banka se zpravidla aktivuje tehdy, když zásoby krve docházejí, nebo je u jednoho pacienta potřeba více než deseti krevních derivátů. Tento registr dárců se musí ovšem vytvořit s dostatečným časovým předstihem, jelikož je nutné u každého potenciálního dárce provést důkladné laboratorní vyšetření, aby v případě její aktivace docházelo jen k minimálnímu časovému prodlení. V polních podmínkách bez speciálního vybavení nelze krevní složky od sebe odseparovat, tj. rozdělit plnou krev na červené krvinky, krevní plazmu a destičky. V rámci aktivace předvyšetřených dárců programu Walking Blood Bank tedy odebíráme a následně používáme plnou krev. Během odběru se z malého vzorku provede laboratorní vyšetření formou rychlých testů zaměřených zejména na žloutenky typu B a C či HIV. Následně se plná čerstvá krev přinese na operační sál, kde se okamžitě použije. Od výzvy je možno podat první jednotky plné krve přibližně za 20 minut. Vždy se používá stejná skupina, jakou má i pacient, neexistuje zde univerzální dárce či příjemce. Plná čerstvá krev funguje velmi dobře v polních podmínkách a významně zlepšuje krevní srážení u traumatizovaného pacienta, na druhou stranu nese významně větší riziko infekčních a různých nežádoucích transfuzních reakcí, a proto se v běžné „mírové“ medicíně používat nesmí (Chodící krevní banka, 2017)

Samostatnou kapitolou je zdravotnické zabezpečení operací Speciálních sil a s tím související možnost transfuze plné krve. Speciální síly operují v převážné míře v utajení, častokrát v týlu nepřítel, a tudíž dostupnost nemocniční péče a odsunu raněných vůbec je častokrát velmi obtížná. V odborné terminologii je tato péče o raněné vojáky nazývána takzvaně prolongovaná péče. A v této chvíli péče o těžce raněné vojáky v hemoragickém šoku nastává okamžik pro transfuzi plné krve. Jak již bylo mnohokrát zmíněno, největším problémem transfuzí v přednemocniční péči, natož v bojových podmínkách, je její skladování. Není reálné, aby vojáci nosili transportní chladičí boxy k uchování těchto konzerv. V podmínkách, ve kterých vojáci působí, je obtížné uchovat i běžné krystaloidní roztoky. Proto se „konzervami“ plné krve stávají vojáci dané jednotky. Tento program Walking Blood identifikuje všechny vhodné dárce z příslušníků jednotky, kteří mají krevní skupinu 0 s nízkým titrem protilátek proti skupinám A a B. Vybraní příslušníci zdravotnického personálu jsou speciálně

proškoleni pro odběr a aplikaci krve pro zraněné vojáky. Tato metoda transfuze krve raněným v sobě nese svá rizika. Odběr krve probíhá v místě nasazení, častokrát v prostoru bojového konfliktu a od samotných příslušníků dané jednotky. Příslušníci jednotky mohou trpět vyčerpáním, dehydratací a dalšími akutními obtížemi a jakákoliv ztráta krve způsobená odběrem na ně může negativně zapůsobit. Norské speciální síly provedly rozsáhlý výzkum na svých příslušnících. Nicméně i když simulovaly situace fyzického i psychického vypětí, dlouhodobou bojovou činnost navodit v mírových podmínkách nelze. Samotný program Walking Blood Bank probíhá, a jen budoucnost a bohužel až reálné podmínky ukáží, zda benefit pro raněného převáží rizika s tím spojená (BECKETT et al., 2015).



Obrázek 19 Walking Blood Bank

Zdroj: Bohoněk, 2018

7.3 THOR

Trauma and Hemostasis Oxygenation Research (THOR) je dynamicky se rozvíjející společnost odborníků prosazující osvědčené postupy při resuscitaci hemoragických stavů s důrazem na Remote Damage Control Resuscitation (RDCR) pro vojenskou i civilní praxi. Současný stav protokolů v RDCR se zaměřuje na zavedení transfuzí krve a jejich produktů, včetně chlazené plné krve (CWB) s redukováným počtem leukocytů do nepřednemocniční neodkladné péče. Navíc nové metody možnosti skladování krevních derivátů v podmínkách mimo zdravotnická zařízení dělají tyto produkty dostupnějšími i v polních podmínkách. Dané postupy se opírají o norské vojenské zkušenosti s transfuzemi plné krve a sušené plazmy během nynějších námořních operací norského námořnictva, jsou aktualizovány nejnovějšími poznatky sítí klinik Mayo

a Univerzitou v Pittsburghu. Společnost je také zastoupena odborníky z řad americké, kanadské, francouzské, izraelské armády (ZIELINSKI, 2017).

ZÁVĚR

Tématem bakalářské práce a hlavní myšlenkou bylo dohledat a ucelenou formou podat dostupné informace o vývoji krevních převodů od dávné historie až po nejnovější poznatky dnešní doby. To vše na základě informací publikovaných v odborné literatuře a v recenzovaných článcích v českém a anglickém jazyce.

V první části je uveden pradávňý pohled na krev jako magickou lidskou tekutinu, která měla v očích lidí až zázračnou moc. V té době ještě nebyl poznán způsob, jak převést tuto tekutinu přímo do krevního oběhu druhého člověka, a proto se používalo nepřímého použití krve, například pomocí koupele či pití. Navazující a poměrná část zaznamenává období od 15. století, respektive zlomového 17. století, až po 20. století. Zde byly opakovaně provedeny přímé převody krve, jak ze zvířete na člověka, tak první transfuze krve z krevního řečiště člověka či skupiny lidí do krevního oběhu dalšího člověka. Je zde zachycen nejenom vývoj poznatků a materiálního vybavení pro transfuze, ale také smýšlení a pohled na danou problematiku napříč Evropou i Spojených států amerických. V tomto období byly zaznamenány podstatné objevy v poznacích o krvi. Objev krevních skupin, citrátů zabraňujících srážení krve, Rh a dalších.

Následující část práce shrnuje podstatný přínos válečných období, jež měla významnou úlohu ve vývoji jak samotných krevních transfuzí, tak indikací použití v praxi. Byl vytvořen organizovaný systém odběrů, skladování a distribuce krve, stanoven protokol pro léčbu hemoragického šoku v polních podmínkách. V této části byl zaznamenán výrazný rozvoj použití krevních derivátů v přednemocniční neodkladné péči, avšak i poválečný ústup v použití transfuze krve právě mimo zdravotnická zařízení a jejich nahrazení o syntetické roztoky.

V poslední části práce jsou uveřejněny nejnovější informace o snaze navrátit krevní deriváty a transfuzi plné krve do přednemocniční neodkladné péče. Byla vytvořena skupina THOR, složená z odborníků napříč celým světem, která dokládá nejnovější poznatky, vývoj a benefity z podané krve v časně fázi rozvoje hemoragického šoku.

Tato práce má dát čtenáři komplexní pohled na historický vývoj krevních transfuzí do dnešní doby. Je dále na čtenáři, jakým způsobem naloží a jak vyhodnotí informace o použití transfuzí v dnešní době, v kontextu se zavedenou léčbou hemoragického šoku pomocí balancovaných roztoků, koagulačních faktorů a dalších.

SEZNAM LITERATURY

AYMARD, JP a P. RENAUDIER, 2016. Blood transfusion during World War I. *History of Medicine*. Jul; **50**(3):353–366.

BECKETT, Andrew et al., 2015. *Fresh whole blood transfusion capability for Special Operations Forces* [online]. 2015 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4467507/>

BLUNDELL, James a Thomas CASTLE, 1834. *The principles and practice of obstetrics, as at present taught, by James Blundell ... To which are added, notes and illustrations*. By Thomas Castle. Washington: D. Green.

BREWER, H. F., Richard ELLIS a Geoffrey KEYNES, 1949. *Blood transfusion*. Bristol: Wright.

CORTIULA, Mark W., 1999. Serum and the Soluvac: The Australian Approach to Whole Blood Substitutes and Blood Transfusion during the Second World War. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*. Volume 54, Issue 3 [online]. 1 July 1999. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jhmas/54.3.413>

DE GOWIN, Elmer L., Robert C. HARDIN a John B. ALSEVER, 1949. *Blood transfusion*. (Reprinted). Philadelphia: W. B. Saunders.

GENEVIÈVE, ALLARD, 2012. *Névrose et folie dans le Corps expéditionnaire canadien (1914–1918)* [online]. 2012. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://www.reseau-canope.fr/apocalypse-10destins/en/theme-based-files/progress-in-medicine-and-surgery-during-the-first-world-war.html>

HANNAH J. LeBlanc, 2016. *To What Extent Did Blood Transfusion Systems and Technologies Modernize During World War II?* [online]. 2016. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1099&context=younghistorians>

HARDWICK, Richard, 1969. *Charles Richard Drew, pioneer in blood research*. New York: Scribner [online]. 1969 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/african-americans-in-sciences/charles-richard-drew.html>

HEDLEY-WHYTE, JOHN and DEBRA R. MILAMED, 2010. Blood and war. *Ulster medical journal*. vol. **79**(3) 125–34.

HOLCOMB JB., BC.TILLEY, S. BARANIUK et al., 2015. *Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: The PROPPR randomized clinical trial*. *JAMA*. **313**(5): 471–482. [online] 2015 [cit. 2019-03-08] Dostupné z: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2107789>

CHEN, Jacob et al., 2017. *Prehospital Blood Transfusion during Aeromedical Evacuation of Trauma Patients in Israel: The IDF CSAR Experience* [online]. 2017 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: https://academic.oup.com/milmed/article/182/suppl_1/47/4209373

KENDRICK, Douglas B., 1965. *Blood Program in World War 2* [online]. 1965 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a286756.pdf>

KRIŠLO, Vladimír a Katarína HRUBIŠKOVÁ, 1996. Z dejín krvných. *Medicínsky monitor*. č. 5, s. 28–29. ISSN 1335-0951.

KULICH, Vladimír, 1995. Dárcovství krve – historie a současnost. *Medica revue*. Roč. 2, č. 5, s. 8–9. ISSN 1210-9673.

LESTER S. King, 1965. *Blood Program in World War II. Medical Department, United States Army*. [online]. 1965. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/655141>

LYNN G. STANSBURY a JOHN R. HESS, 2009. Blood Transfusion in World War I: The Roles of Lawrence Bruce Robertson and Oswald Hope Robertson in the Most Important Medical Advance of the War. *Transfusion Medicine Reviews*. Volume 23, Issue 3, July 2009, Pages 232–236.

MALSBY Robert F. et al., 2013. *Prehospital Blood Product Transfusion by U.S. Army MEDEVAC during Combat Operations in Afghanistan: A Process Improvement Initiative*. [online]. 2013 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/244991558_Prehospital_Blood_Product_Transfusion_by_US_Army_MEDEVAC_During_Combat_Operations_in_Afghanistan_A_Process_Improvement_Initiative

MILLER, Ronald D., 2009. *Massive blood transfusions: the impact of Vietnam military data on modern civilian transfusion medicine*. *Anesthesiology* [online]. 2009. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=1940953>

MILLER, Ronald D., 2013. Fresh Whole Blood and the Vietnam Military Conflict. *Anesthesia & Analgesia*: Volume 116. [online]. 2013 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2013/06000/Fresh_Whole_Blood_and_the_Vietnam_Military.39.aspx

MOORE, Pete, 2005. *Krev a spravedlnost: příběh pařížského lékaře, který se v 17. století stal průkopníkem krevní transfuze*. 1. vyd. v českém jazyce. Praha: BB art. ISBN 80-7341-465-1.

NEDVĚD, Josef, Josef ČASTA a Hana KOBLÍŽKOVÁ, 2006. Léta 1920–1950: Začátky české krevní transfuze: Česká transfuzní služba VČERA – DNES – ZÍTRA. 23. 2. 2006, Praha [abstrakt]. *Transfuze a hematologie dnes*. Roč. 12, č. 2, s. 108–110. ISSN 1213-5763.

NESSEN SC., BJ. EASTRIDGE, D. CRONK, RM. CRAIG, O. BERSEUS, R. ELLISON et al., 2013. *Fresh whole blood use by forward surgical teams in Afghanistan is associated with improved survival compared to component therapy without platelets*. *Transfusion*. 2013; 53 Suppl 1:107S-13S. doi: 10.1111/trf.12044. PubMed PMID: 23301962.

NORRIS, Jane, c2009. *Regulation and licensure of whole blood, blood components, and source plasma*. Bethesda, MD: AABB. ISBN 9781563953019

NOUZA, Karel, 1986. Historie a současnost krevních převodů. *Vesmír* (Praha, Print), Roč. 65, č. 8, s. 429–434. ISSN 0042-4544.

NOVÁK, Ivo, 2018. *První podání krevní transfuze v terénu se stalo realitou*. [online] 2018 [cit. 2019-03-09] Dostupné z: <https://www.zzskhk.cz/cs/prvni-podani-krevni-transfuze-v-terenu-se-stalo-realitou>

ONDŘÁČKOVÁ, Jarmila, 1998. Krev darovaná: Krev prolitá, krev darovaná. *Remedia populi*. Roč. 2, č. 11, s. 11–12. ISSN 1211-698X.

OVIDIUS, 1885. *Básně Publia Ovidia Nasona*. Přeložil Jan ČERVENKA. V Praze: A. Storch syn. Sbírká klasiků řeckých a římských v překladech českých.

PACNER, Karel, 2017. Průlom pro transfuze krve. Objevitel čtvrté krevní skupiny Jan Janský. *Bulletin Sdružení praktických lékařů ČR*. Roč. 27, č. 5, s. 48–55. ISSN 1212-6152.

PALFREEMAN, Linda, 2015. *Spain bleeds: the development of battlefield blood transfusion during the Civil War*. Toronto: Sussex Academic Press. ISBN 9781845197179.

PÍSAČKA, Martin, 2000. Karl Landsteiner a století imunohematologie. *Transfuze dnes*. Roč. 6, č. 4, s. 127. ISSN 1212-9887.

PÍSAČKA, Martin, 2006. 100 let od objevení krevních skupin: Česká transfuzní služba VČERA – DNES – ZÍTRA. 23. 2. 2006, Praha [abstrakt]. *Transfuze a hematologie dnes*. Roč. 12, č. 2. ISSN 1213-5763.

POŠTOLKA, K., 1975. Příspěvek k dějinám transfuze krve. *Praktický lékař*. Roč. 55, č. 15–16, s. 607–608. ISSN 0032-6739.

PROCHÁZKOVÁ, Lenka a Květa PROCHÁZKOVÁ, 2010. Krevní transfuze a retransfuze – historie a současnost. *Sestra* (Praha). Roč. 20, č. 10, s. 60–61. ISSN 1210-0404.

SHEPPARD, Eric William, 1959. *A Short History of the British Army*. Repr. 4th ed. London: Constable & Co.

SKALA, E., 1978. První československá krevní konzerva a tradice sovětské lékařské vědy. *Vojenské zdravotnické listy*. Roč. 47, č. 1. ISSN 0372-7025.

SPURGEON, Neel, 1991. *Medical Support of the U.S. Army in Vietnam 1965–1970*. [online]. 1991 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://history.amedd.army.mil/booksdocs/vietnam/medicalsupport/default.html>

STRUNZ, Ulrich, 2017. *Krev: tajemství našeho tekutého orgánu*. Přeložil Jiří PONDĚLÍČEK. Praha: Euromedia. Esence. ISBN 978-80-7549-402-3.

SPIELMANN, Willi a Siegfried SEIDL, ed., 1970. *Modern problems of blood preservation: international Symposium held at the Department of Immunohaematology and Blood Transfusion*. Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt/Main, Fed. Rep. of Germany, March 17th- 18th, 1969. Stuttgart: G. Fischer.

SPINELLA PC., 2008. Warm Fresh Whole Blood Transfusion for Severe Hemorrhage: U.S. Military and Potential Civilian Applications. *Crit Care Med*. **36**(7 Suppl):S340-5. Epub 2008/07/18. doi: 10.1097/CCM.0b013e31817e2ef9. PubMed PMID: 18594261.

Chodící krevní banka pomůže polním chirurgům v Iráku. [online] 2017 [cit. 2019-06-09]. Dostupné z: <http://www.mise.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/chodici-krevni-banka-131126/>

STEVEN R. PIERCE, 2018. *Blood Transfusion in the First World War* [online]. 2018. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <http://www.kumc.edu/wwi/essays-on-first-world-war-medicine/index-of-essays/medicine/blood-transfusion.html>

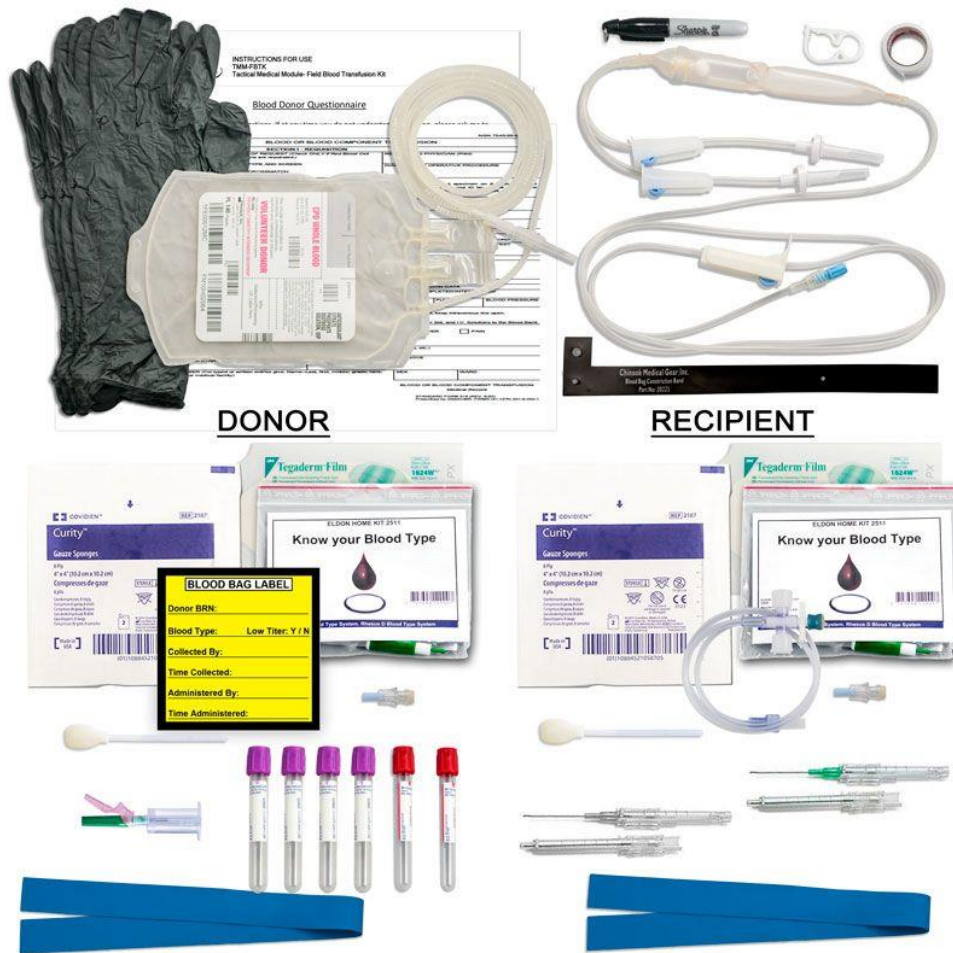
UK First Whole Blood Study Collaboration with London's Air Ambulance [online]. 2018 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://bartscharity.org.uk/news/whole-blood/>

ZIELINSKI Martin D., 2017. *Prehospital blood transfusion programs: Capabilities and lessons learned* [online]. 2017 [cit. 2019-03-10] Dostupné z: <https://rdr.org/wp-content/uploads/2018/05/Zielinski-prehospital-blood-transfusion-program-J-Trauma-Vol-82-N-6-Supplement-1.pdf>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Set pro transfuzi krve v polních podmínkách
- Příloha 2 Srovnání plné krve a krevních komponent
- Příloha 3 Krev a krevní deriváty na norských základnách Emergency Service
- Příloha 4 Krev a krevní deriváty ve francouzské armádě
- Příloha 5 Čerstvá plná krev v kanadských ozbrojených silách

Příloha 1 Set pro transfuzi krve v polních podmínkách



Zdroj: Chinook Medical, online, © 2019 <https://www.chinookmed.com/01370/field-blood-transfusion-kit-tmm-fbtk.html>

Příloha 2 Srovnání plné krve a krevních komponentů



1:1:1 Component Therapy:

6 x RBC (AS-5) 6 x 120 ml = 720ml

6 x FFP 6 x 50 ml = 300ml

1 x aPLT 1 x 35 ml = 35ml

Total = 1055ml



Whole Blood x 6 Units:

6 x 63ml = 378ml

Total: 378ml

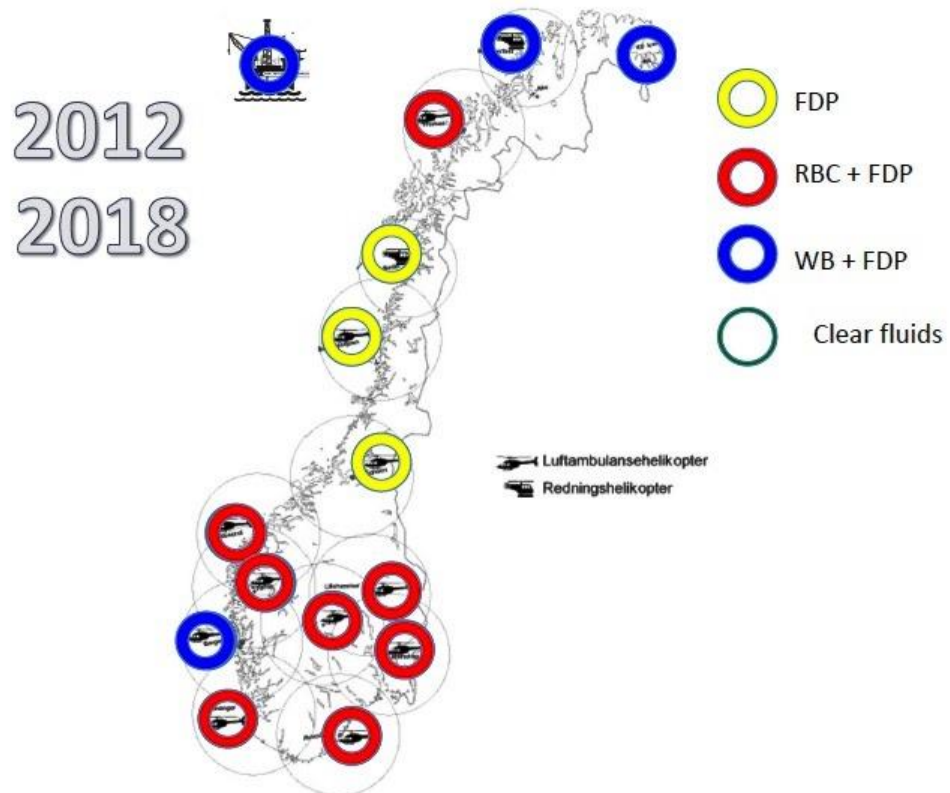
3 times the volume of anticoagulant & additives in reconstituted whole blood from components (1:1:1) compared to whole blood!



	WB 4°C	Components (1:1:1)
Hgb	12-13	9
HCT	35-37	28
PLT	138-165	90-120
Fibrinogen, Factors	Normal @ baseline, FVIII ≥ 50% d7	All 62% dilution @ baseline, plus loss FVIII
TEG clot strength	Nearly normal d21	Reduced vs. WB
PLT aggregation	≥ 50% baseline d7-10 at 4C	Nearly complete loss d5 in 22C-PLT
Practical aspects (4L)	8 bags, one storage mode (8 U, 4000 ml)	13 bags, three storage modes (6:6:1, 4150 ml)

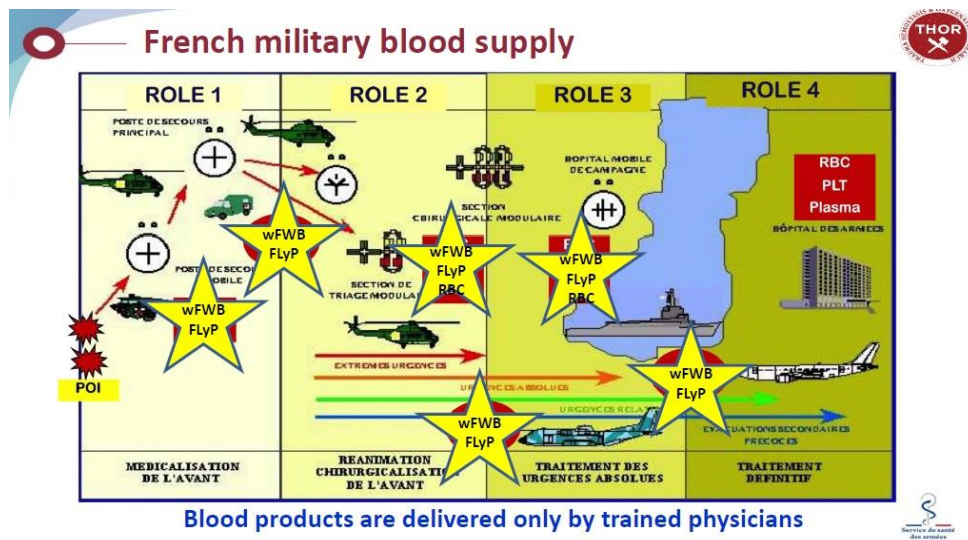
Zdroj: Spinella PC, 2009

Příloha 3 Krev a krevní deriváty na norských základnách Emergency Service



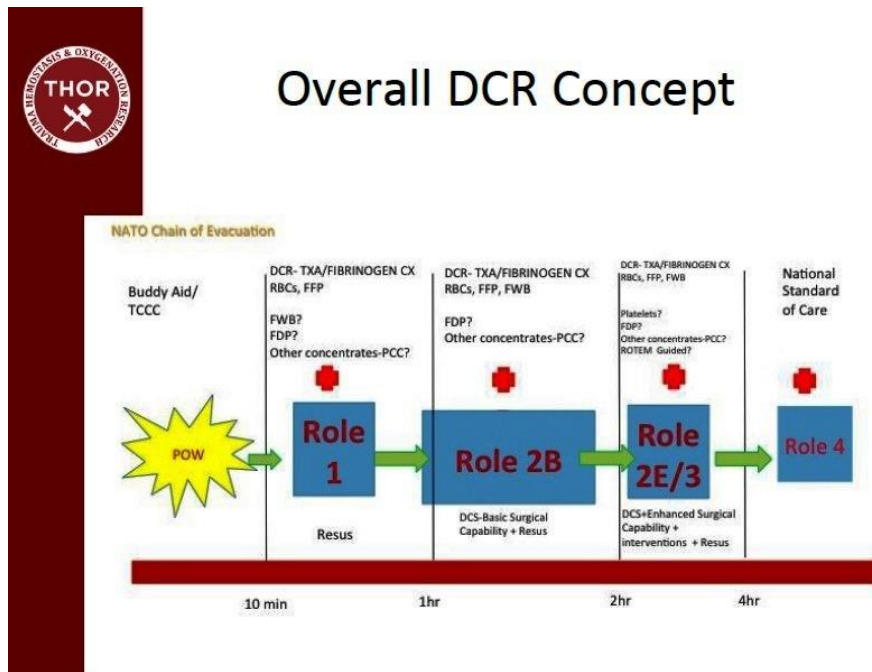
Zdroj: Strandenes G., 2017

Příloha 4 Krev a krevní deriváty ve francouzské armádě



Zdroj: Martinaud Ch., 2018

Příloha 5 Čerstvá plná krev v kanadských ozbrojených silách



Zdroj: Beckett A., 2018