

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD  
Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Jakub Utíkal

**Management pacienta s hemoragickým šokem v přednemocniční péči**  
Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. MUDr. Pavel Dráč, Ph.D.

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. června 2023

Jakub Utíkal

Děkuji doc. MUDr. Pavlu Dráčovi, Ph.D. za odborné vedení, vstřícnost při konzultacích, cenné připomínky, čas, trpělivost a podporu, kterou mi věnoval při zpracování bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat svým přátelům a mé rodině za motivaci k dokončení práce.

## **Anotace**

**Typ závěrečné práce:** Přehledová bakalářská práce

**Téma práce:** Management pacienta s hemoragickým šokem

**Název práce:** Management pacienta s hemoragickým šokem v přednemocniční péči

**Název práce v AJ:** Management of patient in hemorrhagic shock in prehospital care

**Datum zadání:** 2022/11/27

**Datum odevzdání:** 2023/06/30

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotnických věd, Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní medicíny

**Autor práce:** Jakub Utíkal

**Vedoucí práce:** doc. MUDr. Pavel Dráč, Ph.D

### **Oponent práce:**

**Abstrakt v ČJ:** Tato přehledová bakalářská práce se zabývá přednemocniční péčí o pacienta s hemoragickým šokem. První kapitola se zaměřuje na rešeršní činnosti. Popisuje postup vyhledávání článku a studií k této práci. Druhá kapitola je rozdělená do dvou dílčích cílů, kde v prvním dílčím cíli se zaměřuje na postup zajištění pacienta a na pomůcky k zástavě krvácení. Druhý dílčí cíl pojednává o využití krevní transfuze v přednemocniční péči. Poznatky byly dohledány v databázích: PUBMED a Google Scholar.

**Abstrakt v AJ:** This overview bachelor thesis focuses on prehospital care of patients with hemorrhagic shock. The first chapter deals with research activities, describing the process of searching for articles and studies related to this thesis. The second chapter is divided into two sub-objectives, where the first sub-objective focuses on the procedure of patient management and tools for bleednig control. The second sub-objective discusses the use of blood transfusion in prehospital care. The information was obtained from databases: PUBMED and Google Scholar.

**Klíčová slova v ČJ:** hemoragický šok, management hemoragie, masivní krvácení, kontrola hemoragie, před nemocniční péče, škrtidlo, pánevní pás, tekutinová resuscitace, transfuze v před nemocniční péči

**Klíčová slova v AJ:** hemorrhagic shock, management of hemorrhage, massive bleeding, hemorrhage control, pre-hospital care, tourniquet, pelvic binder, fluid resuscitation, transfusion in pre hospital care

**Rozsah:** 40 stran/ 0 příloh

## **Obsah**

Úvod .....	7
1. Popis rešeršní činnosti .....	10
2. Základní zajištění pacienta s hemoragickým šokem v přednemocniční péči .....	12
2.1 Aktuální publikované poznatky o používání transfuzních přípravků v přednemocniční péči .....	24
2.2 Význam a limitace dohledaných poznatků .....	34
Závěr .....	35
Referenční seznam.....	36
Seznam zkratk.....	39

## Úvod

Šok je definován jako nerovnováha mezi dodávkou kyslíku a jeho spotřebou tkáněmi. Podle příčiny lze šok rozdělit na čtyři podtypy: hypovolemický, kardiogenní, obstrukční nebo distribuční. K hypovolemickému šoku dochází, když nedostatečný objem krve v cévách sníží perfuzní tlak v orgánech a tkáních na nedostatečnou úroveň. To může nastat v důsledku těžké dehydratace nebo ztráty krve v souvislosti se zdravotním stavem nebo traumatickým poraněním. Hypovolemický šok vyvolaný krevními ztrátami se nazývá hemoragický šok. Několik kompenzačních mechanismů aktivovaných na počátku krvácení souvisejícího s traumatem udržuje perfuzi životně důležitých orgánů. Arteriální baroreceptory reagují na snížený objem krve aktivací sympatického nervového systému a uvolněním vazomotorických hormonů. Tato sympatická reakce zužuje periferní tepny, zvyšuje srdeční frekvenci a přesouvá krev do orgánů, které jsou pro přežití nejdůležitější. Pro udržení dostatečné perfuze orgánů a tkání je důležité zvýšení cévního odporu a srdeční frekvence.

Pokud krvácení dále nepřestává, následuje šok. Když se objem krevního oběhu sníží natolik, že není schopen udržet perfuzní tlak dostatečný pro udržení okysličení tkání, dochází ke změně z aerobního metabolismu na anaerobní, což se projevuje mimo jiné i laktátovou acidózou (Caldwell et al., 2020, s. 36–43).

Traumatické krvácení vedoucí k hemoragickému šoku je hlavní příčinou úmrtí v civilním i vojenském prostředí a představuje jednu třetinu všech traumatických úmrtí. Téměř 50 % úmrtí v důsledku krvácení nastává do tří až šesti hodin od poranění (Torres Filho, 2018, s. 61–101).

Klasifikace hemoragického šoku podle American College of Surgeons Advanced Trauma Life Support (ATLS) spojuje množství krevních ztrát s očekávanými fyziologickými reakcemi u zdravého pacienta a rozděluje šok do stupňů I–IV. Vzhledem k tomu, že celkový objem cirkulující krve představuje přibližně 7 % celkové tělesné hmotnosti, odpovídá to u průměrného 70kg pacienta přibližně pěti litrům krve.

Stupeň I: dochází ke ztrátě do 15 % celkového objemu krve, přibližně 750 ml. Srdeční frekvence je minimálně zvýšená nebo normální. Obvykle nedochází ke změně krevního tlaku, pulzního tlaku ani dechové frekvence.

Stupeň II: ztráta objemu od 15 % do 30 % celkového objemu krve, od 750 ml do 1 500 ml. Srdeční a dechová frekvence se zvýší přibližně na 100 až 120 tepů za minutu, 20 až 30 dechů za minutu. Pulzní tlak se začíná zužovat, ale systolický krevní tlak může být nezměněný nebo mírně snížený.

Stupeň III: ztráta objemu od 30 % do 40 % celkového objemu krve, od 1 500 ml do 2 000 ml. Dochází k výraznému poklesu krevního tlaku a začíná porucha vědomí. Srdeční a dechová frekvence jsou výrazně zvýšené, více než 120 TF. Výdej moči klesá. Kapilární návrat je opožděný.

Stupeň IV: ztráty objemu větší než 40 % celkového objemu krve, hypotenze se nadále prohlubuje, snižuje se i pulzní tlak. Tachykardie se zvyšuje nad hodnoty 140/min, porucha vědomí se výrazně prohlubuje. Výdej moči je minimální, nebo zcela chybí. Kapilární návrat je opožděný.

Při hodnocení pacientů je třeba vzít v úvahu i další klinické faktory. Například u starších pacientů používajících betablokátory může dojít ke změně fyziologické odpovědi na snížený krevní objem ztlumením mechanismů zvyšujících srdeční frekvenci. Naopak pacienti s výchozí hypertenzí mohou být funkčně hypotenzní i při systolickém tlaku 110 mmHg.

Ačkoli se tato klasifikace stala široce přijímanou výukovou pomůckou v rámci koncepce kurzu ATLS a je doporučena evropskými pokyny pro léčbu krvácení a koagulopatie po závažném traumatu, její prospektivní ověření stále chybí (Amstrong et al., 2022).

Ztráta krve přesahující 40–50 % celkového objemu krve (TBV) vede rychle k ireverzibilnímu šoku a smrti. Masivní krvácení je definováno jako ztráta TBV do 24 hodin, nebo ztráta poloviny TBV v průběhu tří hodin (Kuo, Palmer, 2022, s. 22–31).

Úmrtnost v důsledku krvácení je v celosvětovém měřítku vysoká. Ročně přijde v důsledku krvácení a jeho následků o život 1,9 milionu lidí po celém světě. Z toho 1,5 milionu lidí každoročně umírá na následky fyzického traumatu. Tyto úrazy se týkají především mladých lidí. Ti, kteří přežijí toto krvácení, mají horší funkční výsledky a výrazně zvýšenou dlouhodobou úmrtnost (Longo et al., 2018, s. 370–379).

V souvislosti s touto problematikou si lze položit otázky: Jaké existují aktuální publikované poznatky o hemoragickém šoku, jeho léčbě v rámci přednemocniční neodkladné péče?

Cílem této bakalářské práce je sumarizovat aktuální dohledané poznatky ohledně managementu pacienta s hemoragickým šokem v přednemocniční péči.

Cíl této bakalářské práce je specifikován ve dvou dílčích cílech:

1. Předložit aktuální publikované poznatky o možnostech zástavy masivního krvácení a léčby v přednemocniční péči.
2. Předložit aktuální publikované poznatky o používání transfuzních přípravků v přednemocniční péči.



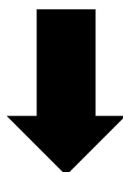
### Vstupní studijní literatura:

- 1.) CALDWELL, Nicole W., Mithun SURESH, Tricia GARCIA-CHOUDARY a Christopher A. VANFOSSON. CE: Trauma-Related Hemorrhagic Shock. *AJN, American Journal of Nursing* [online]. 2020, **120**(9), 36-43 [cit. 2022-10-31]. ISSN 0002-936X. Dostupné z: doi:10.1097/01.NAJ.0000697640.04470.21
- 2.) TORRES, Filho I. Hemorrhagic Shock and the Microvasculature. *Compr Physiol*. 2017 Dec 12;8(1):61-101. doi: 10.1002/cphy.c170006. PMID: 29357125.
- 3.) KUO, Kendon a Lee PALMER. Pathophysiology of hemorrhagic shock. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* [online]. 2022, **32**(S1), 22-31 [cit. 2022-11-07]. ISSN 1479-3261. Dostupné z: doi:10.1111/vec.13126
- 4.) LONGO, Dan L. a Jeremy W. CANNON. Hemorrhagic Shock. *New England Journal of Medicine* [online]. 2018, **378**(4), 370-379 [cit. 2022-11-09]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMra1705649
- 5.) ARMSTRONG, Tyler J. *Hemorrhagic Shock* [online]. StatPearls [Internet].: Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022 Sep 26 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29262047/>

## 1. Popis rešeršní činnosti

Pro rešeršní činnost byl použit standardní postup vyhledávání s využitím vhodných klíčových slov v českém a anglickém jazyce s pomocí booleovských operátorů.

### ALGORITMUS REŠERŠNÍ ČINNOSTI



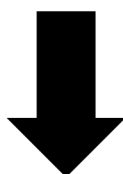
### VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA

**Klíčová slova v ČJ:** hemoragický šok, management hemoragie, masivní krvácení, kontrola hemoragie, přednemocniční péče, škrtidlo, pánevní pás, tekutinová resuscitace, transfuze v přednemocniční péči

**Klíčová slova v AJ:** hemorrhagic shock, management of hemorrhage, massive bleeding, hemorrhage control, pre-hospital care, tourniquet, pelvic binder, fluid resuscitation, transfuzion in pre hospital care

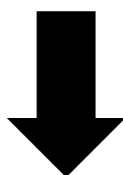
**Jazyk:** český, anglický

**Období:** 2013–2023



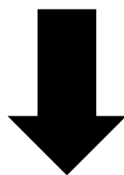
### DATABÁZE

PubMed, Google Scholar



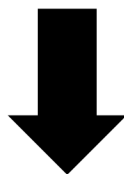
### DOHLEDÁNO

177



## **VYŘAZOVACÍ KRITÉRIA**

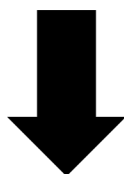
Duplicitní články, kvalifikační práce, články nevztahující se k tématu



## **SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ**

**PubMed: 6**

**Google Scholar: 11**



Pro tvorbu bakalářské práce bylo využito 17 článků

Pro tvorbu této přehledové bakalářské práce byla dále využita jedna knižní publikace, která je uvedena v referenčním seznamu.

## **2. Základní zajištění pacienta s hemoragickým šokem v přednemocniční péči**

Při ošetřování těžce zraněného pacienta je nutný jasný, jednoduchý a dobře organizovaný postup. Takový přístup umožňuje primární vyšetření podle konceptu Advance Trauma Life Support (ATLS). Primární vyšetření je uspořádáno tak, aby byly nejprve eliminovány situace, které by mohly vést ke smrti pacienta, a to podle času. V prostředí s omezenými zdroji primární vyšetření stanovuje priority a veškeré problémy by měly být okamžitě řešeny předtím, než se přejde k dalšímu kroku.

Primární vyšetření se skládá z postupu ABCDE. Nejdříve zhodnotíme průchodnost dýchacích cest („Airway“) a případně provedeme jejich zprůchodnění + stabilizujeme krční páteř. Poté se zaměříme na ventilaci („Breathing“) a popřípadě aplikujeme medicínský kyslík. Následně zhodnotíme krevní oběh („Circulation“), a jestliže to situace vyžaduje, pak zastavíme krvácení a zahájíme tekutinovou resuscitaci. Poté zhodnotíme neurologický stav pacienta („Disability“). Jako poslední obnažíme pacienta, provedeme log-roll a zabráníme vzniku hypotermie („Exposure“).

U těžce zraněných pacientů může dojít k obstrukci dýchacích cest nebo k neadekvátní ventilaci, což může vést k hypoxii a ke smrti v řádu několika minut. Dýchací cesty mohou být zablokovány jazykem, cizím tělesem, vdechnutým materiálem, otokem tkáně nebo rozšiřujícím se hematodem. Observační studie naznačují, že obstrukce dýchacích cest je hlavním důvodem úmrtí pacientů s úrazem, kterému je možno předejít (Raja et al., 2022).

Několik studií naznačuje, že checklisty zlepšují účinnost a snižují výskyt komplikací spojených s ošetřením dýchacích cest u pacientů s traumatem. Během prospektivní studie bylo intubováno 141 pacientů s traumatem, z toho 76 v období před zahájením kontroly a 65 v období po ukončení kontroly. U menšího podílu pacientů se vyskytly méně závažné komplikace související s intubací v období po kontrole (1,5 %) než v období před kontrolou (9,2 %), což představuje absolutní snížení rizika o 7,7 % (Smith et al., 2015, s. 989).

Obecně uznávané guidelines pro tracheální intubaci u traumatu neexistují. V případě pochybností je obecně nejlepší včasná intubace, zejména u pacientů s hemodynamickou nestabilitou nebo s významným poraněním obličeje nebo krku, které může vést k otoku a deformaci dýchacích cest (Raja et al., 2022).

K pacientům s různými traumaty se v přednemocniční péči přistupuje podobným způsobem, který je založen na doporučeních Pre-hospital Trauma Life Support (PHTLS). Údaje z příručky PHTLS naznačují, že přísun kyslíku by se měl řídit podle frekvence dýchání pacienta. Tato metodika spolu s doporučeními pro dodávku kyslíku ukazuje, že běžné nastavení průtoku kyslíku pro kyslíkovou masku je 15 l/min.

Z různých kapitol příručky PHTLS vychází doporučení používání spíše vysoké inspirační frakce kyslíku (FIO<sub>2</sub>) jak u spontánně dýchajících pacientů s dechovou frekvencí 20 až 30 dechů za minutu, tak u pacientů vyžadujících ventilační podporu s dechovou frekvencí <12 dechů za minutu nebo >30 dechů/min. Presumpce je, že vysoký FIO<sub>2</sub> není v krátkých časových intervalech toxický a že hypoxemie je mnohem nebezpečnější. Velitelství speciálních operací Spojených států amerických poskytuje určité instrukce pro použití kyslíku při traumatickém poranění na bojišti. Tyto instrukce udávají, že kyslík by měl být poskytnut, pokud oxymetr ukáže hypoxemii. Není-li oxymetr k dispozici, doporučuje se použití kyslíku u zraněných se ztrátou vědomí, s traumatickým poraněním mozku, s hemoragickým šokem nebo u zraněných ve vyšších nadmořských výškách. Použití kyslíku u hemoragického šoku je založeno na zajištění adekvátní dodávky kyslíku po masivní ztrátě krve.

Stockinger a McSwain hodnotili používání kyslíku v přednemocniční péči u pacientů s traumatem ve městě New Orleans v průběhu 33 měsíců. Během této doby bylo do traumacentra přivezeno 5 090 pacientů s úrazem. Z nich 2 887 (56,7 %) pacientů nedostalo kyslík, zatímco 2 203 (43,3 %) pacientů kyslík dostalo. Pacienti, kteří dostali kyslík v přednemocniční péči, měli výrazně vyšší úmrtnost (2,3 % oproti 1,1 %). Po zohlednění Injury Severity Score (ISS), mechanismu poranění a věku byli pacienti, kteří dostali kyslík, na tom stejně nebo i hůř než ti, kteří kyslík nedostali. Autoři z toho vyvodili, že kyslík nezlepšuje přežití u traumatizovaných pacientů, kteří nejsou v respirační tísní (Branson, Johannigman, 2013, s. 91–92).

Hodnocení cirkulace začíná rychlým vyšetřením na přítomnost významného zevního krvácení. Pacient může ležet na hlavním zdroji krvácení, nebo může být zakryto oblečením pacienta. Při pokračující hemoragii bude snaha o obnovení perfuze málo efektivní nebo zcela neúčinná. Při poranění hlavy může pacient ztratit značný objem krve z důvodu vysoké koncentrace cév nebo při poranění, které poškodí hlavní krevní cévy.

Ztráta krve znamená ztrátu červených krvinek, což snižuje její schopnost přenosu kyslíku do tkání. Ačkoli tedy pacient, který krvácí, může mít saturaci „normální“, protože krev,

kteřou pacient má, je plně nasycena kyslíkem, je celkové množství přenášeného kyslíku nedostatečné k tomu, aby přenesla množství kyslíku potřebné k zásobení všech buněk těla.

Kontrola zjevného zevního krvácení následuje ihned po zajištění dýchacích cest a zahájení kyslíkové terapie a ventilační podpory, nebo se provádí současně s těmito kroky, pokud je k dispozici ošetřující personál v dostatečném počtu. Jestliže krvácení zjevně ohrožuje na životě a rychlé primární hodnocení odhalí, že pacient dýchá, pak má kontrola krvácení přednost. Včasné rozpoznání a kontrola vnějšího krvácení u pacientů s úrazem pomáhá zachovat objem krve pacienta, červených krvinek a zajistit pokračování perfuze tkání. I malá krevní ztráta může při dlouhém ignorování narůst do značné krevní ztráty (NAEMT, 2014, s. 227)

Terapeutický postup při stavění zevního krvácení v terénu zahrnuje aplikaci kompresního obvazu, packingu, obinadla, škrtidla a podání hemostatika. Kontrola zevního krvácení by měla probíhat postupně a měla by se stupňovat, pokud počáteční opatření nevedou k zástavě krvácení.

Přímý tlak rukou nebo tlakový obvaz přiložený přímo na krvácející místo je počáteční technikou používanou ke kontrole vnějšího krvácení. Čím vyšší je tlak uvnitř cévy, tím rychleji je krev vytlačena z otvoru. Čím větší tlak poskytovatel přednemocniční péče vyvíjí, tím pomaleji krev uniká ven. Přímý tlak na ránu zvyšuje mimotělní tlak, a tím zpomaluje únik (NAEMT, 2014, s. 232–233).

Manuální externí komprese je náročná, nespolehlivá a těžká na udržení po delší dobu. Také zcela vyřadí poskytovatele zdravotnické péče. Nicméně jako dočasné řešení to může omezit okamžitě ztrátu krve, a to do doby, než se zvolí jiný přístup (Naimer, 2014, s. 479–490).

Vyvinutí dostatečného tlaku na tlakový bod proximálně od místa krvácení pomáhá zastavit krvácení snížením krevního tlaku v místě krvácení. Pokud to je provedeno správně, a současně s přímým tlakem na ránu, může do jisté míry kontrolovat i významné arteriální krvácení. Naimer udává, že při použití této techniky zdravotnický personál často vyvíjí nedostatečný tlak po nedostačující dobu. Vzhledem k traumatickým okolnostem vzniku krvácení je nepravděpodobně, aby zdravotnický personál byl schopen vyvinout požadovaný tlak tak dlouho, aby dosáhl kontroly krvácení. Navzdory doporučení v mnoha příručkách první pomoci zatím neexistuje žádná vědecká literatura, která by podporovala využití této techniky (Naimer, 2014, s. 479–490).

PHTLS-manuál udává, že ohledně kontroly krvácení tlakovými body nebyly doposud provedeny žádné studie. V důsledku absence pádných důkazů tato technika není doporučována v situacích, kdy přímý tlak a tlakový obvaz nepostačovaly k zástavě krvácení (NAEMT, 2014, s. 234).

V přednemocniční péči by se neměla cizí tělesa z rány odstraňovat, protože by mohlo dojít k silnému krvácení nebo dalšímu poškození tkáně. Místo toho je vhodné zajistit předmět na místě a stabilizovat pacienta. Předmět by měl být odstraněn v kontrolovaném chirurgickém prostředí. U poranění končetin může imobilizace a elevace poraněné oblasti, pokud je to možné, poskytnout určitou dodatečnou kontrolu hemostázy (Palmer, 2022, s. 35).

### **Turniket**

Jestliže zevní krvácení končetiny nelze zastavit ani přiložením tlakového obvazu, je dalším krokem k zastavení krvácení použití turniketu (NAEMT, 2014, s. 235). Používání turniketu není bez rizika. Špatně použité turnikety mohou vést k paradoxnímu krvácení spojenému s nekompletní okluzí arterií nebo k žilní kongesci. Nesprávné nasazení je spojeno s rozšiřováním hematomů, s kompartment syndromem a se zhoršováním hemoragického šoku. Komplikace nejsou způsobeny výhradně chybným použitím. Dokonce správně použité turnikety bývají spojovány se vznikem nervové paralýzy, rhabdomyolýzou, kompartment syndromem a infekcí rány. Studie z vojenského prostředí ukazují spojitost delší doby zaškrcení končetiny s následnou nutností její amputace. Doposud nepanuje v odborném písemnictví shoda v tom, jak dlouho může být turniket aplikován bez vzniku komplikací s ním spojených (Bedri et al., 2022, s. 2).

Bezpečné použití turniketů na operačních sálech je v rozmezí 120 až 150 minut. V předměstském nebo venkovském prostředí je většina transportů zdravotnické záchranné služby (ZZS) kratší než tato doba. Obecně platí, že turnikety použité v přednemocniční péči by měly zůstat na končetině až do doby, kdy pacient dorazí do definitivního místa ošetření na nejbližším vhodném pracovišti. Používání turniketu americkou armádou neukázalo významné zhoršení celkového stavu pacienta při delší době použití. Jestliže je nutné použití turniketu, pak pacient bude s největší pravděpodobností potřebovat urgentní chirurgický zákrok k plné zástavě krvácení. V minulosti se často doporučovalo povolení turniketu každých 10 až 15 minut, aby se umožnil zpětný průtok krve do poškozené končetiny s tím, že tento průtok krve pomůže zachovat končetinu a zabránit následné amputaci. Tento postup končetině nijak neprospívá a pouze zvyšuje krevní ztráty. Jednou umístěný turniket by měl zůstat na místě, dokud ho již

není potřeba. Pro pacienty při vědomí může být použití turniketu bolestivé a měla by se zvážit analgetizace. Turniket by měl být umístěn dostatečně pevně, aby blokoval průtok tepnami. Pokud po přiložení turniketu dojde pouze k uzavření žilního odtoku z končetiny, ve skutečnosti dojde ke zesílení krvácení z rány. Existuje přímá úměra mezi velikostí tlaku potřebného ke kontrole krvácení a velikostí končetiny. V průměru je tedy nutné při použití turniketu vyvinout vyšší tlak na nohu než na paži, aby se dosáhlo zástavy krvácení. Turnikety by měly být umístěny proximálně ke krvácející ráně. Pokud se po přiložení jednoho turniketu plně nezastaví krvácení, měl by být použit ještě jeden proximálně k tomu prvnímu. Umístěním dvou turniketů vedle sebe dochází ke zvětšení plochy, na kterou je vyvinut tlak, čímž se zvýší pravděpodobnost zastavení hemoragie. Když je turniket aplikován, neměl by být přikryt, aby bylo možné jednoduše kontrolovat rekurentní hemoragii (NAEMT, 2014, s. 235).

Inaba et al. provedli studii, jejímž cílem bylo prozkoumat výsledky spojené s používáním turniketu při traumatech končetin v civilním prostředí. Studie byla provedena v městě Los Angeles v nemocnici University of Southern California Hospital, kde retrospektivně identifikovali všechny dospělé pacienty, kteří utrpěli úrazy končetin a byl jim přiložen turniket v přednemocniční péči, na urgentním příjmu nebo na operačních sálech. Data byla vyhledána z období od ledna 2007 do června 2014.

Autoři sledovali věk, pohlaví, vstupní systolický tlak, vstupní srdeční frekvence, Injury Severity Score (ISS), Abbreviated Injury Scale (AIS), laboratorní hodnoty, mechanismus úrazu (tupý a penetrující). Také byly shromážděny informace o turniketu, včetně místa nasazení (přednemocniční péče, urgentní příjem, operační sál), doby trvání aplikace, typu použitého turniketu (CAT, pneumatický nebo vlastní výroby), potřeby transfuze a celkového množství použitých krevních přípravků, údaje o poranění končetiny, včetně přítomnosti cévního poranění, Mangled Extremity Severity Score (MESS) a operačních postupů. Byly zkontrolovány záznamy pacientů, aby se vyloučily všechny komplikace, které by mohly být spojeny s použitím turniketu, včetně nervové paralýzy, myonekrózy, vaskulární trombózy, kompartment syndromu, akutního renálního selhání, poškození měkkých tkání a amputace. Hlavním analyzovaným výsledkem byla ztráta končetiny. Vedlejší pozorované výsledky zahrnovaly úmrtí, délku pobytu v nemocnici a komplikace v průběhu hospitalizace. Během sledovaného období byl 87 pacientům aplikován turniket. Průměrný věk pacientů byl 35,3 roku, 90,8 % pacientů bylo mužského pohlaví, se středním ISS 8,3 a 66,7 % utrpělo penetrující poranění. Pacienti s tupým poraněním byli starší a měli vyšší ISS, AIS hrudníku a AIS končetin. Více než polovina pacientů utrpěla bodné poranění způsobené nožem (31 %), nebo sklem



(20,7 %). Celkem 11,5 % pacientů utrpělo pracovní úraz. V PNP byly turnikety nasazeny v 50,6 %, na urgentním příjmu v 39,1 % a na operačním sále u 10,3 % pacientů. Turnikety byly aplikované celkem na 62 horních končetinách a 25 dolních končetinách. Průměrná doba používání turniketu byla 103,2 minuty a významně se nelišila mezi turnikety zavedenými v PNP, na urgentním příjmu nebo na operačních sálech. Doba převozu těch, kterým byl aplikován turniket v PNP, činila 35 minut (9–90). CAT byl nejčastěji aplikovaným turniketem v PNP (68,2 %) a na urgentním příjmu (85,3 %), zatímco na operačním sále byl použit pneumatický turniket. U sedmi pacientů byl použit turniket vlastní výroby před příjezdem ZZS. Ještě před příjezdem na urgentní příjem byly u dvou pacientů tyto turnikety vlastní výroby nahrazeny turnikety CAT. Cévní poranění utrpělo celkem 80,5 % pacientů. Celkem 79 pacientů utrpělo arteriální krvácení a 19 žilní. MESS a míra ztráty končetin se mezi skupinami nelišila. Bylo provedeno 99 operačních zákroků končetin u 68 pacientů, z toho 15 amputací. Celkem 14 (3,3 %) těchto amputací bylo provedeno u pacientů s těžce zmrzačenou končetinou, s průměrným MESS 7,6. V devíti případech byla končetina částečně nebo zcela amputována již na místě. V dalších pěti případech byla nutná amputace z důvodu závažnosti poškození tkání. Zbývající pacient utrpěl střelné poranění pravého lokte a na pohotovosti externí nemocnice mu byl aplikován turniket. Tento pacient byl převezen do nemocnice v Los Angeles k definitivnímu ošetření. Čas příjezdu byl přibližně osm hodin po aplikaci turniketu. Při příjezdu na urgentní příjem bylo zaznamenáno, že má napjaté kompartmenty a necítí předloktí ani ruku. Přestože rozsah poranění končetiny byl zachranitelný, bylo zjištěno, že všechny oddíly jsou bez funkčních svalů, a byla provedena amputace. Aplikace turniketu byla život zachraňující a není známo, jestli před nasazením turniketu byl v končetině nějaký průtok. Nelze však vyloučit, že se na ztrátě této končetiny podílel aplikovaný turniket. U sedmi pacientů se vyskytlo 13 jiných komplikací než amputace, včetně kompartment syndromu (2,3 %), akutního renálního selhání (2,3 %), krvácení (1,1 %), koagulopatie (2,3 %), syndromu akutní dechové tísně (1,1 %), jaterního selhání (1,1 %), šoku (1,1 %) a infekce rány (2,3 %). Je možné, že turniket přispěl ke vzniku kompartment syndromu, ale autoři studie jsou toho názoru, že pro již dokumentovanou ischemii, ještě před přiložením turniketu, nelze tento fakt plně potvrdit. Žádná další komplikace není připsána užití turniketu.

Autoři studie ve výsledku došli k názoru, že v civilních podmínkách je použití turniketu spojeno s nízkou mírou komplikací a vysokým potenciálním benefitem pro pacienta, což podporuje agresivní používání tohoto život zachraňujícího zákroku (Inaba et al., 2015, s. 232–237).

Smith et al. Provedli osmiletou retrospektivní analýzu dospělých pacientů s penetrujícím poraněním končetin, které byly vhodné pro použití turniketu. Studie byla provedena ve městě New Orleans v USA, kde byla retrospektivně sesbírána data z období let 2010 až 2018. Hlavním cílem studie bylo zjistit, jestli použití turniketu v PNP u pacientů se stlačitelným penetrujícím poraněním je spojeno s lepším výsledkem ve srovnání se skupinou, ve které turniket použit nebyl.

Byly zaznamenány demografické údaje pacientů, včetně věku, pohlaví, rasy, mechanismu poranění, ISS a AIS. Pacienti byli rozděleni podle mechanismu poranění na tupé a penetrující. Dále byly shromážděny údaje ohledně použití turniketu, včetně toho, kdo turniket použil, doby použití turniketu do příjezdu na urgentní příjem a účinnosti turniketu. Pacienti, u kterých byl aplikován turniket pro netraumatické poranění nebo měli nasazen pouze nekomerční turniket, byli ze studie vyloučeni. Primárním sledovaným parametrem bylo množství podaných krevních transfuzí pacientům, kteří měli či neměli aplikován turniket v PNP. Vedlejšími sledovanými parametry byly přítomnost šoku při příjezdu, komplikace spojené s použitím turniketu, systémové komplikace, délka pobytu v nemocnici a mortalita v nemocničním zařízení. Studie porovnávala pacienty s penetrujícím poraněním končetin, kterým byl v PNP aplikován turniket, a pacienty, jimž turniket nasazen nebyl. Pacienti, kterým nebyl aplikován turniket, měli podobnou demografii a ISS, s hodnotou AIS poraněné končetiny 2 a více. Klinické výsledky byly porovnány mezi oběma skupinami. Celkem 238 pacientům byl aplikován turniket v důsledku poranění končetiny. Většina pacientů byla mužského pohlaví afroamerického původu. Průměrný věk byl 34,5 roku, ISS bylo 10,9 a AIS pro poraněnou končetinu 2,2. Pacienti s tupými traumaty měli vyšší ISS, AIS zraněné končetiny a nižší GCS, než tomu bylo u penetrujících traumat. Většina turniketů byla aplikována pacientům s penetrujícím traumatem (73,9 %). Pacienti s penetrujícími traumaty měli častěji turnikety umístěny na horní končetině, zatímco pacienti s tupými traumaty měli častěji turnikety aplikovány na dolní končetiny. U 8,8 % pacientů byl nasazen více než jeden turniket. Pacienti s aplikovaným turniketem z důvodu penetrujícího traumatu měli vyšší pravděpodobnost závažného cévního poranění vyžadujícího operační zásah ke kontrole zástavy krvácení, zatímco u pacientů s tupým poraněním byla vyšší pravděpodobnost amputací končetin, a to jak traumatických, tak sekundárních, otevřených zlomenin a lokálních infekcí rány. Nebyl zjištěn rozdíl v četnosti fasciotomií nebo výskytu jiných komplikací, včetně kompartment syndromu, nervové obrny, hluboké žilní trombózy nebo ischemicko-reperfuzního poškození. Pacienti

s tupým poraněním potřebovali častěji krevní transfuze a měli delší průměrnou dobu pobytu na jednotce intenzivní péče a v nemocnici.

Celkově bylo porovnáno 204 pacientů, 127 (62 %) s turniketem a 77 (38 %) bez něj. Ve skupině s turnikety byl průměrný čas od výjezdu záchranné služby do aplikace turniketu 9,2 minuty a průměrný čas od přiložení turniketu do příjezdu na urgentní příjem 22,5 minuty. U 84,1 % případů bylo dosaženo zástavy krvácení před příjezdem na urgentní příjem. Skupina s turnikety vyžadovala méně transfuzí červených krvinek (2,0 TU oproti 9,3 TU) a krevní plazmy (1,4 oproti 6,2). Tato skupina měla také vyšší průměrný systolický krevní tlak v PNP (114 oproti 98) i při příjezdu na urgentní příjem (120 oproti 112) než skupina bez turniketu. V srdeční frekvenci ani šokovém indexu rozdíl nebyl. Ačkoli se neprojevil rozdíl ve výskytu šoku v PNP (23,6 % oproti 24,7 %), pacienti s aplikovaným turniketem měli tendenci k nižšímu výskytu šoku při příjezdu na urgentní příjem než pacienti bez turniketu (13,4 % oproti 22,1 %). Doba hospitalizace byla delší u pacientů, kterým turniket nebyl nasazen, ale nemocniční mortalita se mezi oběma skupinami statisticky nelišila. Turnikety nebyly spojeny s rozdílem ve výskytu nervových parálz ani sekundárních infekcí. Skupina bez turniketu měla významně vyšší incidenci potřebné fasciotomie (12,6 % oproti 31,4 %) a sekundární amputace (0,8 % oproti 9,1 %).

Autoři udávají, že aplikace turniketu v PNP byla spojena se zvrácením incidence šoku, přičemž 24 % pacientů bylo v šoku v době přednemocničního použití turniketu a pouze 13,4 % po příjezdu na urgentní příjem. Na rozdíl od toho se incidence šoku u pacientů bez turniketu v době příjezdu do nemocnice z PNP-prostředí nezměnila.

Tato studie ukazuje, že používání turniketu v PNP je bezpečné k zástavě krvácení u stlačitelných penetrujících poranění končetin. Používání je také spojeno se sníženou spotřebou krevních přípravků bez zvýšeného rizika závažných komplikací souvisejících se zaškrcením končetiny (Smith et al., 2019, s. 43–51).

### **Pánevní pás**

Každému pacientovi s vysokoenergetickým úrazem a hypotenzí nebo podezřením na pánevní trauma by měl být nasazen pánevní pás. Místo aplikace je nad velkými trochantery. Pánevní pás se používá pro udržení nebo obnovení mechanické stability u pacientů s podezřením na nestabilní poranění pánevního kruhu. Závažné krvácení je dobře rozpoznáváno při závažných frakturách pánve a patří mezi hlavní příčiny úmrtí u této skupiny pacientů (Acharya, Forward, 2014, s. 151–154).

Schweigkofler a jeho spolupracovníci provedli studii zkoumající klinické vyšetření pro stabilizaci pánve. Cílem této studie bylo zhodnotit vliv časně aplikace pánevního pásu na potřebu transfuzí a nemocniční úmrtnost. Pro tyto účely byli vybráni všichni pacienti, kteří byli přijati na pohotovost nemocnice ve Frankfurtu nad Mohanem v Německu během sledovaného období 254 měsíců, s radiologicky potvrzeným zlomením pánve typu B nebo C (podle Tile) a požadavkem na krevní transfuzi v prvních 72 hodinách po přijetí. Diagnóza zlomeniny pánve byla potvrzena pomocí celotělového nebo selektivního CT pánve. Pacienti převezení z jiné nemocnice byli ze studie vyloučeni. Hemodynamická nestabilita jak v PNP, tak i na urgentním příjmu byla definována jako systolický krevní tlak pod 90 mmHg nebo předchozí léčba katecholaminy k dosažení tohoto systolického tlaku. Data na požadavek transfuzí byla nutnost krevní transfuze v prvních 72 hodinách po přijetí, hladina hemoglobinu při přijetí a nejnižší hladiny hemoglobinu v průběhu prvních 72 hodin po přijetí. Transfuze byla definována jako jakékoliv množství TU červených krvinek, masivní transfuze byla definována jako transfuze 10 a více TU červených krvinek za 24 hodin. Záznamy pacientů s požadavkem na krevní transfuze byly kontrolovány i pro všechna závažná poranění, definovaná jako AIS  $\geq 3$ , zejména u těch s vysokým rizikem krvácení. Závažnost poranění byla odhadnuta podle Injury Severity Score (ISS) a New Injury Severity Score (NISS). Riziko masivní krevní transfuze během přijetí na pohotovost bylo odhadnuto pomocí Trauma Associated Severe Hemorrhage Score (TASH). Pravděpodobnost přežití byla odhadnuta pomocí Revised Injury Severity Classification Score II (RISCCII). Standardizovaná míra úmrtnosti byla vypočítána z očekávané a pozorované mortality.

Ve sledovaném období bylo na urgentním příjmu přijato 178 pacientů s podezřením na frakturu pánve, z toho u 64 byla potvrzena fraktura pánve (31 typu B a 33 typu C). Pánevní pás v PNP byl využit u 37 (58 % všech pacientů s potvrzenou zlomeninou pánve) pacientů, zatímco u 27 pacientů žádný pánevní pás použit nebyl. Pouze u 35 z těchto 64 pacientů se prokázala nutnost krevní transfuze v prvních 72 hodinách po přijetí. Z těchto 35 pacientů byl u 20 aplikován pánevní pás, u 15 nikoliv. Pacienti s pánevním pásem měli závažnější poranění podle ISS a NISS, ale rozdíl byl statisticky nevýznamný. Totéž platí i pro pravděpodobnost přežití podle metodiky RISC-II. Je ale nutné poznamenat, že ve skupině pacientů s pánevními pásy bylo více případů se závažným poraněním břicha. Celkově se zjistilo vyšší riziko masivní transfuze na základě TASH ve skupině s pánevními pásy (10,1 TU oproti 6,2 TU). Ve skupině s pánevními pásy bylo diagnostikováno sedm pacientů s hemodynamickou nestabilitou jak v průběhu přednemocniční terapie, tak i při přijetí na urgentním příjmu. Ve skupině bez

pánevních pásů byli pouze tři hemodynamicky nestabilní pacienti. Nicméně nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly s ohledem na hladinu hemoglobinu při přijetí nebo nejnižší hladiny hemoglobinu v prvních 72 hodinách po přijetí. Počet podaných transfuzí byl srovnatelný mezi oběma skupinami. I když průměrný počet TU červených krvinek byl mírně vyšší ve skupině s pánevními pásy, tento rozdíl nebyl statisticky významný. Totéž bylo zjištěno u masivních transfuzí. Ve skupině s pánevními pásy byla provedena operace v prvních 24 hodinách u 77 % pacientů, pokud nebylo potřeba transfuze, a u 90 % pacientů, kdy bylo potřeba transfuze. Ve skupině bez pánevních pásů byla provedena operace u 92 % bez nutnosti transfuze a u 86 % s využitím transfuze. Ve skupině s pánevními pásy nedošlo k žádné komplikaci v důsledku aplikace pánevního pásu, jako dekubity, ani u dvou případů, kdy byl pánevní pás nasazen po dobu 48 hodin.

Autoři studie očekávali nižší krevní ztrátu a menší potřebu transfuzí u pacientů s pánevními frakturami, kterým byl v PNP nasazen pánevní pás. Byl zjištěn opak, požadavky na transfuze ve skupině s pánevními pásy byly vyšší, průměrně o 3 TU červených krvinek na pacienta více než v skupině bez pánevního pásu (10,5 oproti 7,5 TU na pacienta během 72 hodin). V této studii pouze 5,7 % pacientů utrpělo izolovaná pánevní poranění, u všech ostatních pacientů byly pánevní fraktury součástí vícečetného poranění. Důvodem vyšší potřeby krve by proto mohlo být spíše poranění břicha než pánve. Při dalším hodnocení zranění bylo zjištěno více břišních zranění ve skupině s pánevními pásy (16,2% oproti 7,4%) ve skupině bez pánevních pásů, která byla všechna považována za potenciální zdroje krvácení.

Nebylo možné zjistit, jaký měla aplikace pánevního pásu u pacientů s nestabilním pánevním kruhem efekt na podávání krve, co se týká počtu transfuzí nebo požadavku na transfuze. Vzhledem k tomu, že závažnost zranění ve skupině s použitím pánevního pásu se zdála být vyšší, lze předpokládat nějaký blahodárný účinek aplikace pánevního pásu před příjezdem do nemocnice. V důsledku limitace této studie je potřeba provést další studie k potvrzení její validity (Schweigkofler et al., 2021, s. 494–497).

V roce 2017 publikovali Sheng-Der Hsu et al. retrospektivní kohortovou studii prováděnou v nemocničním zařízení Tri-Service General Hospital na Tchaj-wanu. Cílem studie bylo zhodnotit účinek časného použití pánevního pásu při podezření na pánevní trauma ve srovnání s konvenčním postupným postupem krok za krokem. Do studie byli začleněni pacienti přijatí na urgentní příjem mezi srpnem 2013 a červencem 2014. Kritéria pro zařazení do studie zahrnovala aktivaci traumatýmu a alespoň jeden z následujících rizikových faktorů: ztráta

vědomí nebo GCS nižší než 13 bodů, systolický krevní tlak nižší než 90 mmHg, poranění způsobené pádem z výšky 6 m, poranění více životně důležitých orgánů a podezření na pánevní poranění. Pacienti, kteří splnili kritéria, byli zapojeni do studie a byl jim aplikován pánevní pás po příjezdu na urgentní příjem. Do studie byli zahrnuti pacienti s jakýmkoli typem zlomeniny pánevní kosti, což bylo potvrzeno radiologickými zobrazovacími metodami. Pacienti, u kterých nebyla potvrzena fraktura pánve pomocí zobrazovacích metod, byli ze studie vyloučeni. Pánevní pásy byly použity ke stabilizaci u podezření na frakturu pánve u pacientu s traumatem v souladu s doporučenými postupy ATLS od American College of Surgeon (ACS).

V této studii autoři porovnávali charakteristiky pacientů ze studijní skupiny s kontrolní skupinou pacientů, u kterých byly mezi lednem 2011 a červencem 2013 po klinickém nebo radiologickém vyšetření potvrzeny fraktury pánve a použity pánevní pásy. Rutinně byly zaznamenávány demografické charakteristiky, vstupní vitální funkce na urgentním příjmu, Revised Trauma Score (RTS), Injury Severity Score (ISS), objem podané krve během prvních 24 hodin, délka pobytu na jednotce intenzivní péče, procento pacientů v každé skupině s Abbreviated Injury Score (AIS)  $\leq 3$  a doba hospitalizace. Studovaná skupina byla také porovnána s historickou kontrolní skupinou ohledně komplikací souvisejících s používáním pánevních pásů, s dobou, za kterou se zjistily případné komplikace, s dobou, po kterou měl pacient aplikován pánevní pás, s dobou potřebnou ke přijetí zevní fixace, s počtem pacientů podstupujících operaci pánve, a taktéž z hlediska času potřebného k přijetí otevřené repozice a vnitřní fixace.

Do studijní skupiny bylo zařazeno 56 pacientů s traumatem a pánevními frakturami potvrzenými zobrazovacími metodami, kterým byl časně aplikován pánevní pás. Ve druhé porovnávané skupině bylo 148 pacientů s traumatem a pánevními frakturami potvrzenými zobrazovacími metodami a následnou aplikací pánevního pásu. Mezi skupinami nebyly zjištěny žádné významné rozdíly věku, pohlaví, délky pobytu v nemocnici, délky pobytu na jednotce intenzivní péče (JIP), RTS, ISS, v procentuálním výskytu systolického krevního tlaku  $< 90$  mmHg, GCS, procentuálním výskytu AIS  $\leq 3$ , v angiografii pro transarteriální embolizaci (TAE), typu pánevní zlomeniny nebo výsledku léčby mezi skupinami. Pacienti s podezřením na pánevní fraktury s počátečním umístěním pánevního pásu dosáhli významně zlepšeného přežití ve srovnání s těmi, u kterých pánevní pás počátečně použit nebyl, ale tento trend nedosáhl statistické významnosti. Ačkoli nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi těmito dvěma skupinami, pacienti s podezřením na pánevní frakturu, kteří byli počátečně stabilizováni pánevním pásem, měli kratší pobyt v nemocnici a na JIP ( $16,11 \pm 12,54$  oproti

19,55 ± 26,14 dne a 5,33 ± 5,42 oproti 8,36 ± 11,52 dne). U těchto pacientů byla závažnost AIS, hypotenze a klasifikace zlomenin větší. Nicméně průměrný objem podané krve v prvních 24 hodinách byl významně nižší u pacientů, kteří byli počátečně stabilizováni pánevním pásem (2 462 ± 2 215 ml oproti 4 385 ± 3 326 ml). Porovnávala se rovněž míra komplikací spojených s použitím pánevního pásu. Mezi těmito dvěma skupinami nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly, ale u pacientů s podezřením na pánevní frakturu, kteří byli časně stabilizováni pánevním pásem, trvalo delší dobu, než se komplikace projevila.

Vzhledem k jednoduchosti použití, relativně nízkým nákladům, nízké pravděpodobnosti komplikací a prospěchu ke stabilizaci pánve autoři studie doporučují časné použití pánevního pásu v případě podezření na poranění pánve, než je k dispozici definitivní zobrazení. Výsledky ukázaly, že požadavek na transfuzi krve se významně snížil u pacientů, kteří byli rychle stabilizováni pánevním pásem. Délka pobytu na JIP měla také klesající tendenci, ale nedosáhla statistické významnosti. Ačkoli tyto rozdíly nebyly statisticky významné, je možné, že by pacienti mohli mít horší výsledky, kdyby nebyl použit pánevní pás včas. Jelikož studijní skupina je příliš malá na dosažení statistické významnosti, je nutné provést další studie (Sheng-Der Hsu et al., 2017, s. 2–7).

## **2.1 Aktuální publikované poznatky o používání transfuzních přípravků v přednemocniční péči**

Management hypotenze u pacientů s traumatem se v posledních letech významně změnil, zejména díky novým výzkumům a inovacím z oblastí vojenského prostředí. Nové strategie zahrnují minimální resuscitaci krystaloidy a dřívější transfuzi krevních produktů s rychlým převozem pro resuscitaci s cílem omezení škod. Historicky byly krystaloidy často podávány traumatickým pacientům s podezřením na krvácení v přednemocniční fázi. Nicméně podání pouze krystaloidních tekutin může vést k diluční anémii, diluční koagulopatii a ke snížení kapacity kyslíku přenášeného krví. Použití červených krvinek poskytuje efektivnější rozšíření objemu a zvýšení kapacity přenášení kyslíku krví, a je proto rutinně používáno při resuscitaci pacientů s vážným traumatem v nemocnicích. U pacientů s traumatickou srdeční zástavou je pravděpodobnější dosažení spontánní cirkulace po podání červených krvinek než po infuzi krystaloidních nebo koloidních roztoků (Lyon et al., 2017, s. 2).

Brown et al. provedli prospektivní kohortovou studii ohledně použití červených krvinek v PNP. Do studie byli zahrnuti pacienti přijatí do jedné z devíti institucí v období od roku 2003 do roku 2010. Kritéria pro zařazení do studie zahrnovala tupý mechanismus úrazu, přítomnost přednemocniční hypotenze nebo hypotenze na urgentním příjmu (sTK <90 mmHg) nebo zvýšený base deficit (>6 mEq/L), transfuzi červených krvinek během prvních 12 hodin, jakoukoli oblast těla s výjimkou mozku s AIS 2 a více, což umožnilo vyloučit pacienty s izolovaným traumatickým poraněním mozku, a příjezd do traumacentra, zapojeného do studie, do šesti hodin od vzniku poranění. Doba od úrazu byla povinnou položkou pro všechny pacienty, a pokud nebylo možné provést přiměřený odhad doby úrazu, pacient nebyl do studie zařazen. Vyloučení byli také pacienti mladší 18 let nebo starší 90 let a pacienti s poraněním krční míchy. Cílem této studie bylo charakterizovat souvislost transfuzí červených krvinek v PNP s mortalitou a traumatem indukovanou koagulopatií (TIC) u těžce zraněných pacientů s tupým traumatem. Vzhledem ke zlepšení výsledků při agresivní resuscitaci krevními přípravky, které bylo pozorováno v nemocničním prostředí, bylo předpokládáno, že transfuze červených krvinek bude podobně spojena se sníženou mortalitou a časnou TIC.

Do této analýzy byly zahrnuty všechny osoby, které do traumacentra dorazily do dvou hodin od úrazu. Tato dvouhodinová hranice byla zvolena ve snaze omezit zmatení způsobené zásahy u pacientů, kteří strávili delší dobu v terénu nebo mimo nemocnici, a minimalizovat zkreslení přežití u těch pacientů, kteří přežili delší dobu před příjezdem do traumacentra. U pacientů převážených z místa nehody byla transfuze červených krvinek podána cestou do



traumacentra. U pacientů převezených z jiné nemocnice mohlo k transfuzi dojít v externí nemocnici, cestou do traumacentra nebo v obou případech. Všichni pacienti, kteří byli nejprve převezeni do externí nemocnice a následně přepraveni do traumacentra do dvou hodin od doby úrazů, byli do analýzy zahrnuti. Transfuze červených krvinek u těchto pacientů proběhla v rámci tohoto dvouhodinového časového intervalu. Následně byli pacienti rozděleni do skupiny s PNP transfuzí červených krvinek a do skupiny těch, kterým transfuze červených krvinek podána nebyla. Demografické údaje, status převozu, čas od poranění do příjezdu do traumacentra, charakteristiky poranění, požadavky na resuscitaci a výsledky byly porovnávány mezi těmito dvěma skupinami.

Výsledky zahrnovaly 24hodinovou mortalitu, 30denní mortalitu a TIC, definovanou jako mezinárodní normalizovaný poměr (INR) při přijetí vyšší než 1,5. Data pro určení 24hodinové a 30denní úmrtnosti zahrnovaly věk, pohlaví, rok přijetí, stav převozu, čas od vzniku poranění do příjezdu do traumacentra, přednemocniční sTK, podaný objem krystaloidů v PNP, GCS při přijetí, INR při přijetí, počáteční base deficit, ISS, hypotermii na urgentním příjmu, použití vazopresorů, naléhavou laparotomii nebo torakotomii a objem podaných červených krvinek, plazmy, destiček a krystaloidů v nemocnici po 24 hodinách v případě 24hodinové mortality, nebo po 48 hodinách v případě 30denní mortality. Data použitá pro TIC zahrnovala věk, pohlaví, rok přijetí, stav převozu, čas od vzniku poranění do přijetí do traumacentra, přednemocniční sTK, objem podaných krystaloidů v PNP, GCS v PNP, počáteční base deficit, ISS, hypotermii při přijetí a hladinu ethanolu při přijetí.

Do traumacentra bylo přijato 1 415 pacientů do dvou hodin od doby úrazu. Průměrný čas od zranění do příjezdu do traumacentra činil 60 minut. Padesát pacientů (3,5 %) obdrželo přednemocniční transfuzi červených krvinek. Z nich 26 pacientů (52 %) bylo převezeno přímo do traumacentra z místa nehody. Mezi skupinami, které dostaly transfuzi a které nikoliv, nebyl rozdíl ve věku, pohlaví ani ISS. Nicméně skupina s transfuzí měla vyšší počáteční bazální deficit a byla u ní častější hypotenze v PNP, což naznačuje vyšší závažnost šoku. Tato skupina obdržela mediánem 1,3 TU červených krvinek v PNP a nižší objem krystaloidů během 24 hodin než skupina bez transfuze (10,4 l oproti 12,3 l), avšak tento rozdíl nedosáhl statistické významnosti. Analýza ukázala, že transfuze červených krvinek byla spojena s 95% snížením rizika úmrtnosti během 24 hodin, 64% snížením tohoto rizika během 30 dní a 88% snížením rizika TIC.

Limitací této studie je, že se jedná o sekundární analýzu kohortové studie, která nebyla navržena pro řešení konkrétních otázek v této analýze. To omezuje možné rušivé faktory

a výsledky pro vyhodnocení. Autoři studie naznačují, že transfuze červených krvinek v PNP je nezávisle spojena s nižším rizikem 24hodinové a 30denní mortality a TIC u vážně zraněných pacientů s tupým traumatem. Raná resuscitace zahrnující transfuzi červených krvinek, zahájená před příjezdem do traumacentra bez zpoždění transportu, může být spojena se zlepšenými výsledky (Brown et al., 2015, s. 997–1005).

Griggs a jeho spoluautoři v roce 2018 publikovali retrospektivní pozorovací kohortovou studii pacientů, kteří v PNP aktivovali „červený kód“. Mezi 1. lednem 2010 a 31. lednem 2013 byly pacientům podávány krystaloidní roztoky v dávkách po 250 ml titrovaných podle účinku. Mezi 1. lednem 2013 a 1. lednem 2015 byly pacientům podávány transfuze červených krvinek až do maximálního počtu 4 TU 0 Rh negativní. U vhodných pacientů byla shromážděna demografická data a klinické údaje. Systolický krevní tlak byla prvně zaznamenaná hodnota. Zaznamenaný objem (ml) krystaloidního roztoku je ten, který byl podán pouze LZS. Také byly uvedeny popisy incidentů, včetně mechanismu poranění, doby od volání záchranné služby po přílet LZS na místo incidentu a ISS.

Primárním sledovaným výsledkem byla celková úmrtnost v důsledku všech příčin po šesti hodinách a 28 dnech. Byla provedena subanalýza pacientů, kteří obdrželi v nemocnici transfuzi  $\geq 4$  TU červených krvinek za 24 hodin a masivní transfuzi  $\geq 10$  TU červených krvinek za 24 hodin, nepočítaje transfuze s PNP. Kritéria pro zařazení do studie zahrnovala tupé nebo penetrující trauma s podezřením na krvácení, přednemocniční vyhlášení „červeného kódu“ s transfuzí krystaloidů nebo červených krvinek, přepravu pacientů do jednoho z pěti hlavních traumacenter, zástava oběhu v důsledku traumatu, kde došlo k návratu spontánní cirkulace a vyhlášení červeného kódu s převozem do hlavního traumacentra. Ze studie byli vyloučeni dětské pacienti  $< 16$  let, pacienti vyhlášení červeným kódem s podezřením na medicínskou příčinu, s traumatickou zástavou oběhu, kde byl pacient prohlášen za mrtvého, pacienti nepřevezení do hlavních traumacenter, mezinemocniční a sekundární převozy.

Během studijního období splňovalo kritéria 218 pacientů. Skupinu s krystaloidy tvořilo 109 pacientů, z nichž šest bylo vyloučeno z důvodu chybějících dat ( $n = 103$ ). Skupinu s transfuzí tvořilo 109 pacientů, z nichž 17 bylo vyloučeno z důvodu chybějících dat ( $n = 92$ ). Důvody pro vyloučení zahrnovaly neúplná přednemocniční data z klinických záznamů pacienta a neúplná nemocniční data. Během studijního období nebyly zaznamenány žádné okamžité komplikace transfuze a byla dosažena stoprocentní sledovatelnost přednemocniční transfuze. V obou skupinách převažovalo mužské pohlaví a průměrný věk byl

44 let. Charakteristiky pacientů byly srovnatelné pro sTK a ISS, které bylo v jedné skupině 31 a ve druhé 32. Popisy incidentů neuvádějí žádný rozdíl mezi mechanismem úrazu v jednotlivých skupinách. Ve skupině s podanými krystaloidy bylo průměrně podáno 737 ml krystaloidů, ve srovnání s 52 ml krystaloidního roztoku a mediánem 2,3 TU červených krvinek v transfuzní skupině. Medián transfuze červených krvinek aplikovaných v prvních 24 hodinách hospitalizace byl dokumentován pro krystaloidní skupinu jako 4,5 TU (2–9) a pro přednemocniční transfuzní skupinu jako 3 TU (1–8). Neupravená analýza pozorované úmrtnosti v šesti hodinách byla nižší v transfuzní skupině (n = 10, 10 %) ve srovnání se skupinou, již byly podávány krystaloidní roztoky (n = 19, 18 %). Podobně u neupravené 28denní úmrtnosti bylo pozorováno snížení úmrtnosti v transfuzní skupině (n = 21, 26 %) ve srovnání s krystaloidní skupinou (n = 31, 40 %). Nicméně upravené poměry šancí u 6hodinové a 28denní úmrtnosti neukazují statisticky významné rozdíly. Pozorované frekvence ukazují statisticky významný podíl skupiny krystaloidů vyžadující velkou transfuzi (n = 62, 60 % oproti n = 41, 40 %). Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v podílu skupiny s krystaloidy a transfuzní skupiny vyžadující masivní transfuzi (n = 22, 22 % oproti n = 14, 15 %). Pro masivní transfuzi neexistuje statisticky významná souvislost v 6hodinové mortalitě. Pro masivní transfuzi existuje nestatisticky významná souvislost mezi transfuzí červených krvinek a 28denní úmrtností.

Autoři studie udávají, že u pacientů s podezřením na traumatické krvácení je pozorována úmrtnost v šesti hodinách a 28 dnech nižší u skupiny, která obdržela transfuzi červených krvinek, ve srovnání s tou, již byly podávány krystaloidy. To se projevilo také u podskupiny s masivní transfuzí. Pacienti, kteří obdrželi transfuzi před příjezdem do nemocnice, měli významně menší pravděpodobnost potřeby majoritní transfuze během hospitalizace než ti, kteří dostali krystaloidy. Další dostatečně velké multicentrické prospektivní studie jsou potřebné k určení optimální strategie pro nahrazování objemu v PNP u pacientů s traumatickým krvácením (Griggs et al., 2018, s. 2–7).

Multicentrickou prospektivní pragmatickou pozorovací studii provedli J. B. Holcomb a jeho společníci mezi 26. lednem 2015 a 2. listopadem téhož roku. Do studie byli zařazeni pacienti starší 15 let nebo vážící více než 50 kg, pokud nebyl znám věk, s traumatem, kteří byli přepraveni vrtulníkem přímo z místa úrazu do jednoho z devíti traumatologických center úrovně I. Z devíti center mělo pět vrtulníků k dispozici plazmu a červené krvinky a čtyři vrtulníky používaly pouze krystaloidní roztoky. Ze studie byli vyloučeni vězni a jakékoliv převozy mezi nemocnicemi. Podskupina pacientů, považovaná za nejrizikovější, byla pozorována na základě alespoň jednoho z následujících kritérií měřených během přednemocničního transportu. Těmito

kritérii byly srdeční frekvence vyšší než 120 tepů za minutu, systolický krevní tlak nižší nebo rovný 90 mmHg, penetrující poranění trupu, aplikovaný turniket, použitý pánevní pás, intubace a aplikace krevní transfuze během transportu.

Během 10měsíčního období se do devíti center zapojených do studie dostalo celkem 25 118 pacientů s traumatem, z toho 2 341 přiletělo vrtulníkem a 1 058 splnilo kritéria nejrizikovějších pacientů. Z této podskupiny s vysokým rizikem dorazilo 585 pacientů vrtulníky, kde byly krevní produkty k dispozici, a 473 pacientů dorazilo vrtulníkem bez dostupných krevních produktů. Sto čtyřicet dva pacientů přepravených vrtulníkem s krevními produkty využilo přednemocniční transfuzi, zatímco 916 pacientů transfuzi nedostalo. Při srovnání pacientů s dostupností krve v PNP oproti nedostupnosti nebyly zjištěny žádné významné rozdíly věku, pohlaví, diastolického krevního tlaku nebo pulzu, jakéhokoli penetrujícího poranění nebo splnění více než jednoho kritéria pro nejvyšší rizikovou skupinu. Byl však zaznamenán nižší podíl pacientů klasifikovaných jako jiná rasa, ne běloši nebo černoši, ve skupině bez dostupnosti krve v porovnání se skupinou s dostupnou krví. Medián přednemocničního systolického krevního tlaku (sTK) a Glasgow Coma Scale (GCS) byly vyšší u pacientů, kteří neměli v rámci přednemocniční péče krev k dispozici, zatímco medián ISS byl nižší. Pacienti ve vrtulnicích s dostupnou krevní transfuzí měli kratší časový medián od zavolání leteckého týmu po příjezd na urgentní příjem. Pacienti s krví dostupnou ve vrtulníku měli také významně vyšší využití přednemocničních život zachraňujících intervencí a méně pacientů, jejichž krvácení bylo identifikováno, ve srovnání s těmi bez dispozice krve. Nerovnováha v GCS, sTK a ISS přispěla k rozdílu v neupravené mortalitě. V systémech s dostupnými krevními produkty byla neupravená mortalita významně vyšší po dobu tří hodin (8,4 % oproti 3,6 %), 24 hodin (12,6 % oproti 8,9 %) a po 30 dnech (19,3 % oproti 13,3 %).

S ohledem na charakteristiky pacientů, kteří obdrželi v rámci přednemocniční péče transfuzi, nebyly zjištěny žádné rozdíly věku, pohlaví ani GCS ve srovnání s těmi, kteří transfuzi nedostali. Ti, jimž transfuze nebyla podána, měli významně vyšší medián přednemocničního systolického a diastolického krevního tlaku, delší medián od volání letecké záchranné služby do příjezdu na urgentní příjem, nižší medián ISS a přednemocniční srdeční frekvenci než ti, kteří obdrželi transfuzi. Skupina, která nedostala transfuzi, měla také vyšší podíl bělochů, méně penetrujících poranění, obdržela méně záchranných intervencí, identifikovala méně zdrojů krvácení a měla nižší podíl pacientů, kteří splňovali více než jedno z nejvyšších rizikových kritérií. Z pacientů, kteří dostali transfuzi, 24 % obdrželo pouze plazmu, 7 % pouze červené krvinky a 69 % obdrželo obojí. Ti, kteří dostali transfuzi, měli vyšší

neregulovanou úmrtnost po třech hodinách (16,2 % oproti 4,7 %) a po 24 hodinách (19,0 % oproti 9,7 %) a po 30 dnech (25,4 % oproti 15,3 %). V primární analýze nebylo používání krevních transfuzí v přednemocniční péči signifikantně spojeno s mortalitou po třech hodinách, 24 hodinách nebo 30 dnech. Avšak neočekávané a významné rozdíly v ISS, GCS a sTK vedly ke snížení síly výzkumu, a výsledky jsou proto nekonkluzivní.

Z důvodu neočekávané nerovnováhy v závažnosti zranění mezi skupinami s krevními přípravky a bez nich byly všechny analýzy neprůkazné. S ohledem na malý počet aplikovaných transfuzí u každého pacienta a malé rozdíly ve výsledcích mezi skupinami bude zapotřebí rozsáhlých randomizovaných studií, aby bylo možné odhalit významné rozdíly v přežití (Holcomb, 2017, s. 83–89).

Retrospektivní kohortová studie od Mariuse Rehna a jeho spolupracovníků srovnávala úmrtnost před zavedením a po zavedení přednemocniční transfuze u pacientů s traumatem. Do studie byli zahrnuti pacienti v období 38 měsíců od ledna 2009 do února 2012 před zavedením transfuzí, a v období 35 měsíců od dubna 2012 do února 2015 po zavedení postupu přednemocniční transfuze červených krvinek. Březen 2012 byl vyloučen z důvodu možné variability praxe v implementační fázi. Pacientské záznamy byly prohledány dvěma přednemocničními klinickými pracovníky, aby byli identifikováni pacienti, kteří byli v přednemocniční zástavě před zavedením postupu přednemocniční transfuze a splňovali kritéria pro „červený kód“ bez jiného nehemoragického smrtelného zranění.

Standardní operační postup je, aby byli pacienti vyhlášeni jako „červený kód“, když existuje již potvrzené krvácení (nebo podezření na něj) a systolický krevní tlak je nižší než 90 mmHg. V případech bez dokumentovaného krevního tlaku, u pacientů pouze s centrálním pulzem byl předpokládaným systolickým krevním tlakem 90 mmHg nebo méně. Pediatričtí pacienti pouze s centrálním pulzem byli považováni za splňující kritéria „červeného kódu“ pro hypotenzi. Před rokem 2012 „červený kód“ zahrnoval permissivní hypotenzní resuscitaci pouze pomocí krystaloidů. V roce 2012 byla dodána krev pro přednemocniční podání těmto pacientům. Letecká záchranná služba byla vybavena 4 TU 0 negativních červených krvinek.

Během studie bylo v PNP ošetřeno 11 915 pacientů, z nichž 623 (5,2 %) splňovalo kritéria podezření na závažné krvácení. Ze studie bylo vyřazeno 84 (13,5 %) osob z důvodu chybějících údajů o přežití. LZS aplikovala během studie medián 2 TU červených krvinek. Podala transfuzi 21 pacientům mladším 18 let. V prvních 24 hodinách traumacentra podávala transfuze o mediánu 7 TU v období před využitím transfuzí v PNP a 0 TU červených krvinek v období využívání transfuzí v PNP. Celkově 187 (62,3 %) pacientů zemřelo v období před

implementací transfuze a 143 (59,8 %) v období po implementaci transfuze. V neupravené analýze nedošlo k významnému zlepšení celkového přežití po zavedení přednemocniční transfuze. Analýza úmrtnosti v přednemocniční fázi ukázala, že ve skupině z období před implementací krve zemřelo 126 (42,2 %) pacientů, zatímco ve skupině, která krev dostala, zemřelo 66 (27,6 %) pacientů. Ve skupině, která krev dostala, došlo ke statisticky významnému snížení přednemocniční úmrtnosti.

Tato studie ukazuje, že zavedení transfuze červených krvinek v přednemocniční péči u pacientů s podezřením na závažné krvácení bylo spojeno se sníženou přednemocniční mortalitou. Avšak celková mortalita se nesnížila (Rehn et al., 2019, s. 284–288).

Lyon et al. provedli studii, jejímž cílem bylo popsat charakteristiky, fyziologii, klinické intervence a výsledky u civilních traumatických pacientů, kteří obdrželi transfuzi červených krvinek v přednemocniční péči. Do studie byli zahrnuti pacienti, jimž byla podána transfuze červených krvinek Leteckou záchrannou službou Spojeného království v období od 1. února 2013 do 10. prosince 2014. U všech pacientů, kteří obdrželi krevní transfuzi, byla shromážděna demografická a klinická data. Tato data zahrnovala informace o pohlaví, věku, mechanismu úrazu, vzdálenosti a času na místě události, času příjezdu LZS, o fyziologii, intervencích, důvodu transfuze, fyziologii před transfuzí, o počtu podaných TU a přednemocniční reakci na transfuzi. Data a výsledky během hospitalizace byly retrospektivně získány z nemocniční dokumentace. Zahrnovala fyziologii při příjezdu, výsledky vstupních krevních plynů, krevní transfuze podané na pohotovosti, krevní transfuze podané během prvních 24 hodin, ISS při příjezdu, chirurgické a intervenční radiologické postupy, destinaci po opuštění pohotovosti, mortalitu šest hodin po přijetí, mortalitu 28 dní po přijetí, délku pobytu na jednotce intenzivní péče a celkovou délku pobytu v nemocnici. Masivní transfuze byla definována jako podání 5 TU na pohotovosti nebo 10 TU za 24 hodin, včetně těch TU podaných LZS.

Během studijního období 147 pacientů obdrželo krevní transfuze. Z toho 114 bylo mužů (78 %). Medián věku byl 42 let (9–92 let). Přednemocniční data byla získána u všech 147 pacientů, ale z celkového počtu 109 pacientů převezených do nemocnice byly záznamy dostupné pouze u 85. Celkem 38 pacientů bylo na místě nehody prohlášeno za mrtvé. U všech pacientů byl předpokládán hemoragický šok v důsledku traumatu, s výjimkou pěti případů. Ty se skládaly ze dvou gastrointestinálních krvácení, dvou podezření na prasklé abdominální aortální aneurysma a jedné ruptury pseudoaneuryzmatu u injekčního uživatele drog. Jednoho z těch pacientů prohlásili za mrtvého na místě nehody. Ze 142 traumatických zranění bylo 128 způsobeno tupým mechanismem poranění (90 %) a 103 (73 %) bylo spojeno s dopravními nehodami. Medián ISS činil 33, u 90 % pacientů bylo ISS vyšší než 15. Pacienti dostali

průměrně 2,4 TU. Jeden pacient dostal 5 TU, protože na místě byly přítomny dva týmy LZS. Ze 147 pacientů, kteří obdrželi v rámci přednemocniční péče červené krvinky, u 56 (38 %) pacientů byla transfuze zahájena proto, že nebyl hmatný centrální pulz. Další důvody zahájení transfuze zahrnovaly pokles krevního tlaku (39,9 %), ztrátu periferního pulzu (9,1 %), tachykardii (2,0 %) a ztrátu verbálního kontaktu (1,4 %). U 9,6 % pacientů šlo o kombinaci těchto důvodů. Medián času od volání záchranné služby po příjezd do nemocnice byl 114 minut. Medián času pro tým LZS, aby dorazil k pacientovi, byl 34,5 minuty. Pacienti tak mohli přijímat transfuzi výrazně rychleji, než by tomu bylo, kdyby nebyly k dispozici přednemocniční transfuze. U pacientů, kterým byla podána transfuze v PNP, došlo k významnému zvýšení systolického, diastolického a středního krevního tlaku mezi okamžikem před transfuzí a při přijetí na urgentním oddělení. V srdeční frekvenci žádný rozdíl nebyl zjištěn. V nemocnici byla dostupná další data o krevních transfuzích pro 70 pacientů. Z nich u 62 se pokračovalo v podávání dalších krevních produktů, z toho u 33 se pokračovalo v masivní transfuzi. Z těchto 62 pacientů pouze 44 % vyžadovalo Damage Control Surgery. Sedmi pacientům nebyly v nemocnici podány žádné transfuze. Na urgentním oddělení bylo prohlášeno za mrtvé jedenáct pacientů. Pro ty, kteří byli přijati naživu (n = 64), byl medián délky pobytu na oddělení intenzivní péče šest dní a délka pobytu v nemocnici 18 dní, 21 pacientů bylo převezeno do jiných nemocnic. U těch pacientů, kteří přežili do příjezdu do nemocnice, bylo přežití po šesti hodinách po příjezdu 84 % a po 28 dnech 70 %. Pacienti v této studii měli při příjmu na urgentním oddělení průměrný ionizovaný vápník 1,1 mmol/l. Hladina krevního vápníku byla s rostoucím objemem transfuzí významně nižší. Nebyly zaznamenány žádné okamžité komplikace transfuzí. Pacienti měli také při přijetí průměrnou hladinu laktátu 5,4 mmol/l, pH 6,9 a base deficit -8,1.

Limitací této studie je, že pacienti, kteří obdrželi v rámci přednemocniční péče transfuzi, pravděpodobně patřili mezi nejzávažněji zraněné a vyžadovali více intervencí a času v PNP. Tito pacienti pravděpodobně měli nejvyšší stupeň koagulopatie a horší výsledky. Tato studie nemohla s jistotou spojit přednemocniční transfuze se zlepšenými výsledky. Studie také obsahuje poměrně malý počet pacientů s neúplnými daty z nemocnice. Další, rozsáhlejší studie jsou tedy nutné pro určení toho, zda přednemocniční transfuze může vylepšit výsledky (Lyon et al., 2017, s. 2–8).

Tucker et al. provedli studii, která porovnávala přednemocniční transfuze červených krvinek a plazmy kombinované v jednom vaku (RCP) oproti pouze červeným krvinkám nebo červeným krvinkám a plazmě odděleně (RBC+P) v souvislosti s úmrtností u pacientů s krvácením v důsledku traumatu. Data byla prospektivně sbírána u pacientů, kteří dostali přednemocniční transfuzi červených krvinek + rozmražené plazmy nebo RCP v důsledku

traumat. Tato data byla shromážděna v období od října 2018 do října 2020, zatímco data pro skupinu červených krvinek byla shromážděna retrospektivně od října 2015 do října 2018. Všechna tato data byla sesbírána ze šesti leteckých záchranných služeb v Anglii. Do studie se zapojilo celkem devět hlavních traumacenter.

Do studie byli zařazeni pacienti, kteří utrpěli traumatické poranění, byli ošetřeni týmem LZS a v PNP obdrželi alespoň jeden typ krevní složky nebo krevního přípravku podle místních protokolů. Všechny věkové skupiny byly do studie zařazeny. Z hlavní analýzy byli pacienti vyloučeni, pokud jim byly podány transfuzní přípravky z jiné než traumatické příčiny, a jestliže byli přijati do nemocnice jako sekundární převoz. Všichni pacienti byli sledováni po dobu 30 dnů nebo do úmrtí, podle toho, co nastalo dříve.

Skupina červených krvinek měla s sebou čtyři jednotky červených krvinek (každá ~250 ml), data pro tuto skupinu byla získána pouze od jedné LZS (London Air Ambulance). Skupina RCP měla s sebou dvě jednotky RCP (každá 470 ml). Každému pacientovi mohly být podány maximálně čtyři jednotky RCP. Ty byly získány z plné krve, která byla zbavena leukocytů a odebrána do 66,5 ml antikoagulačního roztoku CPD (Citate Phosphate Dextrose) v souladu se standardními postupy.

Jednotky RCP byly skladovány stejným způsobem jako červené krvinky. Skupina červených krvinek + plazmy podala transfuzi dvou jednotek červených krvinek a dvou jednotek rozmražené plazmy (průměr 250 ml na vak), nebo dvě jednotky červených krvinek a dvě jednotky Lyoplasu (200 ml po rekonstituci). LZS měla k dispozici Golden Hour Box™ pro přednemocniční použití, který udržuje stabilní teplotu 4 °C po dobu 48–72 hodin. Všechny služby doporučovaly podávání transfuzí v případě podezření na krvácení a při systolickém krevním tlaku nižším než 90 mmHg. V případech bez zdokumentované neinvazivní krevní tlakové hodnoty bylo předpokládáno, že pacienti pouze s centrálním pulzem měli systolický krevní tlak 40 mmHg, femorální pulz 60 mmHg a radiální pulz 80 mmHg. Pacienti se srdeční zástavou byli popsáni jako nemající centrální pulz nebo srdeční frekvenci. U pediatrických pacientů bylo předpokládáno, že splňují kritérium hypotenze, pokud mají pouze centrální pulz.

Do studie bylo zařazeno celkem 970 pacientů, přičemž 258 pacientů bylo ve skupině červených krvinek, 318 ve skupině RCP a 394 ve skupině červených krvinek + plazmy. Z toho bylo 61 pacientů vyloučeno, čímž zůstalo celkem 909 pacientů pro analýzu. Základní charakteristiky pro každou studijní skupinu byly věk, pohlaví, čas od poranění po příjezd LZS, čas od poranění po příjezd do nemocnice, typ poranění, ISS, AIS, systolický krevní tlak a srdeční frekvence. Pacienti ve skupině červených krvinek + plazmy byli starší, měli vyšší výskyt tupého poranění a mírně delší medián času do příjezdu na místo nehody a do nemocnice.



Všechny ostatní hodnoty charakteristik se mezi těmito třemi skupinami významně nelišily. V PNP pacienti ve skupině červených krvinek obdrželi mediánem dvě jednotky červených krvinek, ve skupině červených krvinek + plazmy dostali jednu jednotku červených krvinek a jednu jednotku plazmy a ve skupině RCP obdrželi dvě jednotky RCP. Ti pacienti, kteří přežili do nemocnice a byli ve skupinách, kde se podávala plazma, měli nižší výskyt sepse a obdrželi méně krevních složek v prvních 24 hodinách po příjezdu do nemocnice oproti skupině s červenými krvinkami. Většina transfuzí ve všech třech skupinách proběhla v prvních 24 hodinách, s nízkým počtem transfuzí po 24 hodinách. Medián počtu podaných červených krvinek po 24 hodinách byl 2 pro skupinu červených krvinek, 1 pro skupinu červených krvinek + plazmy a 0 pro skupinu RCP. Po porovnání se ukázalo, že ve srovnání se skupinou červených krvinek měly skupiny RCP a červených krvinek + plazmy nižší riziko úmrtí po 24 hodinách. Při dalším zkoumání podle typu poranění se ukázalo, že nižší riziko úmrtí po 24 hodinách pro skupiny RCP a červených krvinek + plazmy byly ovlivněny penetrujícím poraněním, nikoliv tupým poraněním.

Limitací této studie představovala menší velikost vzorku skupiny červených krvinek než u ostatních dvou skupin, protože data byla získána pouze z jedné lokalizace, a navíc byla data pro skupinu červených krvinek sbírána v jiném období ve srovnání s plazmovými skupinami. Další limitací bylo, že mezi skupinami existovaly některé demografické rozdíly, přičemž pacienti ve skupinách červených krvinek a RCP byli mladší než pacienti ve skupině červených krvinek + plazmy, měli vyšší výskyt penetrujícího poranění a kratší přednemocniční dobu přepravy, což by mohlo přispět k výsledkům přežití nezávisle na zásahu.

Ze studie vychází že, přednemocniční transfuze plazmy jako doplněk k transfuzi červených krvinek je spojena se sníženou pravděpodobností úmrtí po 24 hodinách ve srovnání s transfuzí pouze červených krvinek. Po 30 dnech nebyl zaznamenán žádný rozdíl v přežití mezi těmito třemi skupinami, což naznačuje, že účinek transfuze plazmy je největší krátkodobě. Existují důkazy, že přidání přednemocniční plazmy k transfuzi červených krvinek oproti pouze červeným krvinkám bylo spojeno s větším přínosem pro penetrující poranění než pro tupá poranění, ale jsou zapotřebí další randomizované kontrolované studie k potvrzení těchto výsledků (Tucker et al., 2023, s. 1–9).

## 2.2 Význam a limitace dohledaných poznatků

Management péče o pacienta s hemoragickým šokem v podmínkách PNP je jedna ze základních dovedností, jež by měl zdravotnický záchranář ovládat. ATLS doporučuje systematický postup ABCDE. Pro zástavu krvácení je možné použít různé pomůcky, jako turniket či pánevní pás. Použití turniketu je dobře zmapováno ve vojenském prostředí, kde jsou standardně využívány. V posledních letech se tato pomůcka z vojenské sféry dostala do povědomí civilního přednemocničního prostředí. Několik menších studií provedených v civilních podmínkách PNP ukazuje sníženou mortalitu a nízké riziko komplikací spojených s použitím turniketu. Avšak doposud pořád chybí kvalitní randomizované kontrolní studie, které by plně potvrdily tuto praxi. Validita studií zabývajících se využitím pánevních pásů je limitována heterogenitou závažnosti poranění a nízkým počtem subjektů zapojených do studie, proto je zapotřebí provést další studie k potvrzení jejich validity. Ovšem vzhledem k jednoduchosti použití, relativně nízkým nákladům a nízké pravděpodobnosti komplikací je doporučeno pánevní pás použít vždy, i v případě nepotvrzeného podezření fraktury pánve.

Po dosažení zástavy krvácení je nezbytné obnovit cirkulující objem. V posledních letech se v civilních podmínkách PNP začalo využívat krevní transfuze k doplnění krevního řečiště. Předběžná transfuze krevních komponentů v nemocnici již byla prokázána jako účinná, nicméně vědecký důkaz o účinnosti přednemocniční krevní transfuzi u pacientů s traumatem je stále nejasný. Přednemocniční použití krevních produktů je technicky proveditelné, avšak logistické překážky a nedostatek univerzálních dárců krevních skupin spolu s výzvami v oblasti zdravotní ekonomiky a finančními zátěžemi zůstávají předmětem neustálého zkoumání a debat. Ze studií použitých v této bakalářské práci vyplývá, že pacienti, u kterých byly použity transfuze červených krvinek v PNP, mají nižší mortalitu v porovnání s tekutinovou resuscitací krystaloidními roztoky. Ze studií zkoumajících použití plazmy vychází, že tito pacienti měli lepší krátkodobé výsledky oproti transfuzím červených krvinek. Limitací studií na toto téma je malý počet pacientů zapojených do těchto studií, proto je zapotřebí provést další dostatečně rozsáhlé studie, které by jasně potvrdily, nebo vyvrátily účinnost transfuzí v PNP.

## Závěr

Přehledová bakalářská práce shrnuje aktuální dohledané poznatky zabývající se problematikou zástavy krvácení a využití krevních transfuzí v podmínkách PNP. V prvním dílčím cíli jsem se zaměřil na postup a pomůcky, které je možné použít k zástavě krácení. Konkrétně práce pojednává o turniketu a pánevním pásu, což jsou pomůcky nejjednodušší k použití v PNP. Všechny studie na toto téma byly převzaty ze zahraničních zdrojů z důvodu absence studií z českého prostředí. Konkrétně jsem se zaměřil na studie, které byly provedeny v civilním prostředí.

Ve druhém dílčím cíli jsem sumarizoval dohledané poznatky o využití krevních transfuzí v PNP. Prozatím se krevní transfuze v PNP uplatňují pouze v LZS v 11 evropských státech. Především jsem se zaměřil na používání transfuzí červených krvinek, a pak i na krevní plazmu. Ze dvou studií, v důsledku jejich limitace, nevychází žádný přínosný výsledek pro využití krevních transfuzí. Z ostatních použitých studií vychází, že krevní transfuze mají pozitivní přínos v PNP.

Dohledané výsledky a jejich sumarizace by mohly být zveřejněny v odborných publikacích, které se problematikou urgentní medicíny v přednemocniční péči zabývají. Tyto výsledky by mohly být zároveň přínosné pro lékaře a záchranáře, jelikož poskytují dobrý základ informací o možných potenciálních metodách a postupech při řešení závažného krvácení v podmínkách PNP.

Cílem této přehledové bakalářské práce bylo sumarizovat aktuálně dohledané poznatky o managementu pacienta s hemoragickým šokem v přednemocniční neodkladné péči. Práce byla specifikována ve dvou dílčích cílech zaměřujících se na pomůcky pro zástavu a omezení krvácení i na podávání krevních transfuzí v přednemocniční péči. V rámci této přehledové práce se podařilo splnit vybrané cíle a byla vytvořena aktuální sumarizace na dané téma.

## Referenční seznam

1. ACHARYA, Mehool R. a Daren P. FORWARD. (iv) The initial assessment and early management of patients with severe pelvic ring injuries. *Orthopaedics and Trauma* [online]. 2014, **28**(3), 151–158 [cit. 2023-05-23]. ISSN 18771327. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2014.05.004>
2. BEDRI, Hala et al. Tourniquet Application for Bleeding Control in a Rural Trauma System: Outcomes and Implications for Prehospital Providers. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2022, **26**(2), 246–254 [cit. 2023-02-13]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10903127.2020.1868635>
3. BRANSON, D. Richard a Jay A. JOHANNIGMAN. Pre-Hospital Oxygen Therapy [online]. 2013, **58**(1), 86–97 [cit. 2022-11-25]. ISSN 1943-3654. Dostupné z: <https://doi.org/10.4187/respcare.02251>
4. BROWN, Joshua B. et al. Pretrauma Center Red Blood Cell Transfusion Is Associated With Reduced Mortality and Coagulopathy in Severely Injured Patients With Blunt Trauma. *Annals of Surgery* [online]. 2015, **261**(5), 997–1005 [cit. 2023-04-11]. ISSN 0003-4932. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000674>
5. GRIGGS, Joanne Emily et al. Mortality of civilian patients with suspected traumatic haemorrhage receiving pre-hospital transfusion of packed red blood cells compared to pre-hospital crystalloid. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* [online]. 2018, **26**(1), 100 [cit. 2023-04-14]. ISSN 1757-7241. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13049-018-0567-1>
6. HOLCOMB, John B. et al. Multicenter observational prehospital resuscitation on helicopter study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* [online]. 2017, **83**(1), 83–91 [cit. 2023-04-18]. ISSN 2163-0755. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001484>
7. HSU, Sheng-Der et al. Effect of Early Pelvic Binder Use in the Emergency Management of Suspected Pelvic Trauma: A Retrospective Cohort Study. *International Journal of*

- Environmental Research and Public Health* [online]. 2017, **14**(10), 1217 [cit. 2023-03-15]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101217>
8. INABA, Kenji et al. Tourniquet use for civilian extremity trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* [online]. 2015, **79**(2), 232–237 [cit. 2023-02-20]. ISSN 2163-0755. Dostupné z: [https://journals.lww.com/jtrauma/Abstract/2015/08000/Tourniquet\\_use\\_for\\_civilian\\_extremity\\_trauma.9.aspx](https://journals.lww.com/jtrauma/Abstract/2015/08000/Tourniquet_use_for_civilian_extremity_trauma.9.aspx)
9. LYON, Richard M. et al. Pre-hospital transfusion of packed red blood cells in 147 patients from a UK helicopter emergency medical service. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* [online]. 2017, **25**(1), 12 [cit. 2023-05-15]. ISSN 1757-7241. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13049-017-0356-2>
10. NAIMER, Sody Abby. A Review of Methods to Control Bleeding from Life-Threatening Traumatic Wounds. *Health* [online]. 2014, **06**(06), 479–490 [cit. 2023-01-20]. ISSN 1949-4998. Dostupné z: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=43452>
11. NATIONAL ASSOCIATION OF EMERGENCY MEDICAL TECHNICIANS (NAEMT). *PHTLS: Prehospital Trauma Life Support*. 8th ed. Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2014. ISBN 1284041735.
12. PALMER, Lee. Hemorrhage control—Proper application of direct pressure, pressure dressings, and tourniquets for controlling acute life-threatening hemorrhage. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* [online]. 2022, **32**(S1), 32–47 [cit. 2022-11-30]. ISSN 1479-3261. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/vec.13116>
13. RAJA, Ali a Richard D. ZANE. Initial management of trauma in adults. In: *Uptodate.com* [online]. 7. 2. 2023 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.uptodate.com/contents/initial-management-of-trauma-in-adults>

14. REHN, Marius et al. Effect of Prehospital Red Blood Cell Transfusion on Mortality and Time of Death in Civilian Trauma Patients. *Shock* [online]. 2019, **51**(3), 284–288 [cit. 2023-04-26]. ISSN 1073-2322. Dostupné z: [https://journals.lww.com/shockjournal/Fulltext/2019/03000/Effect\\_of\\_Prehospital\\_Red\\_Blood\\_Cell\\_Transfusion.3.aspx](https://journals.lww.com/shockjournal/Fulltext/2019/03000/Effect_of_Prehospital_Red_Blood_Cell_Transfusion.3.aspx)
15. SCHWEIGKOFER, Uwe et al. Is there any benefit in the pre-hospital application of pelvic binders in patients with suspected pelvic injuries?. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* [online]. 2021, **47**(2), 493–498 [cit. 2023-03-09]. ISSN 1863-9933. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00068-019-01239-6>
16. SMITH, Alison A. et al. Prehospital tourniquet use in penetrating extremity trauma: Decreased blood transfusions and limb complications. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* [online]. 2019, **86**(1), 43–51 [cit. 2023-02-23]. ISSN 2163-0763. Dostupné z: [https://journals.lww.com/jtrauma/Abstract/2019/01000/Prehospital\\_tourniquet\\_use\\_in\\_penetrating.6.aspx](https://journals.lww.com/jtrauma/Abstract/2019/01000/Prehospital_tourniquet_use_in_penetrating.6.aspx)
17. SMITH, Kurt A. et al. A Preprocedural Checklist Improves the Safety of Emergency Department Intubation of Trauma Patients. *Academic Emergency Medicine* [online]. 2015, **22**(8), 989–992 [cit. 2022-11-24]. ISSN 10696563. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/acem.12717>
18. TUCKER, Harriet et al. Association of red blood cells and plasma transfusion versus red blood cell transfusion only with survival for treatment of major traumatic hemorrhage in prehospital setting in England: a multicenter study. *Critical Care* [online]. 2023, **27**(1), 25 [cit. 2023-05-24]. ISSN 1364-8535. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04279-4>

## Seznam zkratek

ATLS – Advance Trauma Life Support

TF – tepová frekvence

TK – krevní tlak

l/min. – litr za minutu

ml – mililitry

mmHg – milimetr rtuťového sloupce

TBV – Total blood volume (celkový krevní objem)

PHTLS – Pre-Hospital Trauma Life Support

FIO<sub>2</sub> – inspirační koncentrace kyslíku

ZZS – zdravotnická záchranná služba

LZS – letecká záchranná služba

PNP – přednemocniční neodkladná péče

CAT – Combat Application Tourniquet

ISS – Injury Severity Score

AIS – Abbreviated Injury Scale

MESS – Mangled Extremity Severity Score

USA – United States of America

GCS – Glasgow Coma Scale

TU – transfuzní jednotka

CT – počítačová tomografie

NISS – New Injury Severity Score

TASH – Trauma Associated Severe Hemorrhage Score

RISCCII – Revised Injury Severity Classification Score II

ACS – American College of Surgeons

RTS – Revised Trauma Score

JIP – jednotka intenzivní péče

TAE – transarteriální embolizace

mEq/l – Milliequivalents per litre

sTK – systolický krevní tlak

TIC – traumatem indukovaná koagulopatie

INR – Mezinárodní normalizovaný poměr

l– litr

CPD – Citrate Phosphate Dextrose

mmol/l – milimol na litr

RCP – červené krvinky a plazma kombinované v jednom vaku

RBC – červené krvinky

P – plazma

DCS – Damage control surgery