

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Kristýna Plačková

**Prostředky telemedicíny a rozšířené reality
v řešení mimořádných událostí s hromadným
postižením zdraví**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Marinella Danosová, DiS.

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 28. 04. 2023

Plačková Kristýna

Chtěla bych tímto poděkovat paní magistře Danosové za trpělivé vedení mé bakalářské práce. Za cenné rady a podnětné komentáře, které mi během tvorby textu poskytla, za konzultace v jejím osobním volnu i skvělé nápady, které tuto práci udělaly o poznání lepší.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Mimořádné události z pohledu zdravotnického záchranáře

Název práce: Prostředky telemedicíny a rozšířené reality v řešení mimořádných událostí s hromadným postižením zdraví

Název práce v AJ: Telemedicine and augmented reality tools in dealing with mass casualty incidents

Datum zadání: 2022-11-24

Datum odevzdání: 2023-04-28

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Autor práce: Plačková Kristýna

Vedoucí práce: Mgr. Marinella Danosová, DiS.

Oponent práce:

Abstrakt v ČJ: Tato přehledová bakalářská práce sumarizuje aktuálně publikované poznatky o prostředcích telemedicíny a rozšířené reality v řešení mimořádných událostí s hromadným postižením zdraví. Pojednává o potenciálních benefitech telemedicíny a rozšířené reality na poli medicíny katastrof a možnostech využití technologie chytrých brýlí při těchto událostech. Články byly dohledávány v databázích Medvik, PubMed, EBSCO a ResearchGate.

Abstrakt v AJ: This systematic review bachelor's thesis summarizes the currently published knowledge about telemedicine and augmented reality tools in mass casualty incidents management. The potential benefits of telemedicine and augmented reality in disaster medicine are discussed. Possibilities of using smart glasses technology in these events are included. Articles were searched for in Medvik, PubMed, EBSCO and ResearchGate databases.

Klíčová slova v ČJ: hromadné neštěstí, medicína katastrof, telemedicína, rozšířená realita, chytré brýle, triáž, zdravotnická záchranná služba

Klíčová slova v AJ: mass casualty incidents, disaster medicine, telemedicine, augmented reality, smart glasses, triage, emergency medical services

Rozsah: 38 stran/0 příloh

Obsah

Úvod.....	6
1 Popis řešeršní činnosti	8
2 Přehled aktuálně publikovaných poznatků	10
2.1 Potenciál telemedicíny a rozšířené reality při MU s HPZ.....	12
2.2 Využití chytrých brýlí při řešení MU s HPZ	17
2.3 Význam a limitace dohledaných poznatků	27
Závěr	29
Referenční seznam	30
Seznam zkratk.....	38

Úvod

Mimořádná událost (MU) s hromadným postižením zdraví (HPZ) je taková událost, kdy pro počet postižených osob nebo závažnost a typ poranění, zasahuje na místě větší množství výjezdových skupin. Týmy zdravotnické záchranné služby (ZZS) musí při těchto událostech postupovat v intencích medicíny katastrof, tedy stanovují priority ošetřování a odsunu u všech postižených (SUMMK, 2018, s. 1-3).

Pro nižší četnost výskytu MU s HPZ a z toho vyplívající menší zkušenosti členů výjezdových skupin v této oblasti je nezbytná dokonalá znalost všech souvisejících postupů při provádění záchranných prací. Zjištěním úrovně těchto znalostí se v období mezi lety 2014-2015 zabývalo anonymní dotazníkové šetření ve výjezdových základnách vybraných poskytovatelů ZZS. Z výsledků analýzy 215 odevzdaných dotazníků, které vyplnilo 19 lékařů (8,84 %), 42 zdravotnických záchranářů (9,53 %), 62 sester pro intenzivní péči (28,84 %) a 92 řidičů vozidla ZZS (42,79 %) vyplývá, že členové výjezdových skupin stále nemají zažitě především postupy správného třídění (Šín a Hejkal, 2017, s. 10-16). V České republice jsou největší hrozbou vzniku MU s HPZ hlavně dopravní a průmyslové havárie, které ovšem až na výjimky postihují pouze několik desítek osob. Přesto právě určení priority ošetření a transportu do zdravotnického zařízení, včetně kvalitní komunikace v místě MU s HPZ i s poskytovateli specializované péče, je pro zvládnutí MU s HPZ stěžejní a chyby mohou mít fatální důsledky (Urbánek et al., 2017, s. 12-13). V současné době ZZS používá při řešení MU s HPZ papírovou dokumentaci a pro účely komunikace převážně vysílačky a mobilní telefony. Tyto nástroje a prostředky komunikace mohou vést k nedostatečné informovanosti o aktuální situaci v místě MU (Mentler a Herczeg, 2014, s. 1). V České republice se k managementu a dokumentaci MU s HPZ má dle doporučeného postupu (SUMMK, 2018, s. 1-9) využívat třídící a identifikační karty a má být zavedena jednotná forma dokumentace. Dle mých zkušeností se jedná převážně o papírové formuláře.

Motivací pro výběr tématu bakalářské práce byla vlastní zkušenost v roli figuranta na taktickém cvičení složek integrovaného záchranného systému (IZS). Někteří příslušníci základní složky IZS nesprávně provedli prvotní triáž a ošetření pacientů v ohrožení života bylo oddáleno kvůli nadhodnoceným méně závažným případům. Komunikace mezi jednotlivými členy zasahujících složek se navíc zdála neefektivní a chaotická. Sdílení a vizualizaci dat v reálném čase, efektivnější komunikaci, podporu

při triáži a dalších úkonech v managementu MU s HPZ by mohly zajistit prostředky telemedicíny a rozšířené reality. Potenciál těchto technologií je už jen v podpoře zdravotnických záchranářů a dalších složek IZS v přípravě na tyto situace, se kterými se v běžné praxi dostávají do kontaktu jen velice zřídka, a v usnadnění jejich řešení, pokud reálně nastanou.

Je možné se tedy ptát: „Jaké jsou aktuálně publikované poznatky o prostředcích telemedicíny a rozšířené reality v řešení mimořádných událostí s hromadným postižením zdraví?“ Cílem bakalářské práce bude na tuto otázku odpovědět v následujících dílčích cílech:

- Sumarizace aktuálně publikovaných poznatků o benefitech telemedicíny a rozšířené reality na poli medicíny katastrof.
- Sumarizace aktuálních publikací o potenciálním využití chytrých brýlí při řešení a přípravě na MU s HPZ.

Před tvorbou bakalářské práce byly prostudovány následující publikace:

HUBÁČEK, Petr a Radka FILIPČÍKOVÁ, 2017. Efektivní systém třídění nemocných a zraněných. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Monografie. ISBN 978-80-244-5227-2

KOPECKÝ, Miroslav, Eleonóra TILCEROVÁ a Jaromír ŠIMAN, 2014. Ochrana člověka za mimořádných událostí. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Studijní opora. ISBN 978-80-244-4094-1

STŘEDA, Leoš a Karel HÁNA, 2016. EHealth a telemedicína: učebnice pro vysoké školy. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5764-3

ŠÍN, Robin, 2017. Medicína katastrof. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-295-4

ŠTĚTINA, Jiří, 2014. Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4578-7

1 Popis rešeršní činnosti

V následujícím algoritmu rešeršní činnosti je podrobně popsána rešeršní činnost, podle které došlo k dohledání validních zdrojů pro tvorbu této bakalářské práce.

VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA:

- klíčová slova v ČJ: hromadné neštěstí, medicína katastrof, telemedicína, rozšířená realita, chytré brýle, triáž, zdravotnická záchranná služba
- klíčová slova v AJ: mass casualty incidents, disaster medicine, telemedicine, augmented reality, smart glasses, triage, emergency medical services
- jazyk: anglický, český, slovenský, španělský
- vyhledávací období: 2012-2023
- další kritéria: plné texty, recenzovaná periodika, články



DATABÁZE

Medvik, PubMed, EBSCO, ResearGate



Nalezeno celkem 6 602 článků a dokumentů



VYŘAZUJÍCÍ KRITÉRIA:

- kvalifikační práce
- články nespĺňující nastavená kritéria a zadané téma
- duplicitní články



SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ

- Medvik – 7 využitých dohledaných dokumentů
- PubMed – 22 využitých dohledaných dokumentů
- EBSCO – 6 využitých dohledaných dokumentů
- ResearGate – 18 využitých dohledaných dokumentů

SUMARIZACE DOHLEDANÝCH PERIODIK A DOKUMENTŮ

- American Journal of Nursing Research – 1 článek
- BioMedical Engineering OnLine – 1 článek
- Cardiology Journal – 1 článek
- Cureus – 1 článek
- Disaster Medicine and Public Health Preparedness – 4 články
- European Journal of Emergency Medicine – 1 článek
- Healthcare – 1 článek
- Hong Kong Journal of Emergency Medicine – 1 článek
- i-com – 1 článek
- Implementation Science – 1 článek
- International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management – 1 článek
- JAMIA Open – 1 článek
- JMIR mHealth and uHealth – 1 článek
- Journal of Emergency Nursing – 1 článek
- Journal of Medical Internet Research – 4 články
- Journal of Telemedicine and Telecare – 1 článek
- Journal of The Korean Society of Emergency Medicine – 1 článek
- Journal of Usability Studies – 1 článek
- Medical Science Educator – 1 článek
- Medical Teacher – 1 článek
- Military Medicine – 1 článek
- PLOS One – 1 článek
- Prehospital and Disaster Medicine – 5 článků
- Prehospital Emergency Care – 1 článek
- Resuscitation – 2 články
- Telemedicine and e-Health – 2 články
- Urgentní medicína – 4 články
- Western Journal of Emergency Medicine – 1 článek



Pro tvorbu bakalářské práce bylo použito 43 článků z recenzovaných periodik, 5 příspěvků ze sborníků odborných konferencí, 1 mezinárodní smlouva, 2 podzákonné právní předpisy, 1 doporučený postup Společnosti urgentní medicíny a medicíny katastrof, 1 monografie a 2 webové stránky.

2 Přehled aktuálně publikovaných poznatků

V přednemocniční neodkladné péči (PNP) mají technologie své nezastupitelné místo a jsou nedílnou součástí vybavení posádek ZZS. Již od roku 2012 platí vyhláška č. 296/2012 Sb., o požadavcích na vybavení poskytovatele zdravotnické dopravní služby, poskytovatele zdravotnické záchranné služby a poskytovatele přepravy pacientů neodkladné péče dopravními prostředky a o požadavcích na tyto dopravní prostředky. Ta specifikuje, že vozidlo poskytovatele ZZS musí být mimo jiné vybaveno přenosným defibrilátorem s monitorem a 12 svodovým záznamem EKG křivky a stimulátorem srdečního rytmu, přenosným přístrojem pro umělou plicní ventilaci, kapnometrem, tonometrem, pulzním oxymetrem, glukometrem, vozidlovou radiostanicí, přenosnou radiostanicí a připojením k veřejné telefonní síti prostřednictvím radiostanice nebo mobilního telefonu.

Podle Světové zdravotnické organizace je telemedicína definována jako poskytování zdravotnických služeb na dálku zdravotnickými pracovníky s využitím informačních a komunikačních technologií a je fundamentální součástí eHealth, tedy elektronického zdravotnictví (Global diffusion of eHealth, 2016, s. 56). S rozvojem digitálních technologií je ve zdravotnictví telemedicína stále využívanější, to se týká také PNP. Výzkumy prokázaly pozitivní výsledky při přenosu 12 svodového EKG a telekonzultaci s kardiologem u pacientů s poruchami srdečního rytmu (Rekosz et al., 2015, s. 675-682; Kotelnik et al., 2021, s. 47-50). Německá studie z roku 2013 vyhodnotila, že telemedicínsky asistovaná péče poskytovaná záchranáři byla proveditelná a přinejmenším nebyla horší ve srovnání s týmy s lékařem. Záchranáři byli v rámci simulací schopni provádět i specializovanější výkony, které by bez lékaře na místě události nebyli schopni realizovat (Rörtgen et al., 2013, s. 85-92). Přehledová studie z roku 2020 demonstruje, že pokud je telemedicína vhodně využita, je neocenitelným nástrojem v procesu rozhodování v PNP, který nelze jinými prostředky získat. Za účelem zvýšení odbornosti, odpovědnosti a zlepšení péče o pacienty by mělo být zváženo použití telekonzultací během odborné přípravy i v klinické praxi (Kim et al., 2020, s. neuváděno). Rozšířenou realitou se rozumí zobrazení počítačem generovaných virtuálních prvků (text, grafika, zvuky) do obrazu reálného světa. Využití rozšířené reality v PNP a výzkumy na její uplatnění v urgentní medicíně jsou spíše sporadické (Munzer et al., 2019, s. neuváděno). Siebert et al. (2017, s. neuváděno) ve své studii využili náhlavní soupravu se zobrazením algoritmu Pediatric Advanced Life

Support a prokázali, že využitím prostředku rozšířené reality nedošlo k významnému celkovému časovému prodlení, v porovnání s kontrolní skupinou navíc klesl počet chyb v dávkování léčiv a defibrilačních výbojů.

Netrénovaní dobrovolníci byli schopni za použití rozšířené reality zvládnout s minimálními odchylkami správně provést EKG vyšetření na figuríně a poté i na skutečném pacientovi. Autoři soudí, že aplikace může být přizpůsobena tak, aby podporovala používání jiného zdravotnického vybavení, a mohla by být prováděna pomocí tabletu nebo smartphonu (Bifulco et al., 2014, s. neuvedeno). Přehledová studie z roku 2019 uvádí, že rozšířená realita má nepřeborné množství aplikací v urgentní medicíně, a má potenciál způsobit revoluci v poskytování PNP a lékařského vzdělávání, avšak s podmínkou dalšího výzkumu na účinnost rozšířené reality ve specifických oblastech jejího použití (Munzer et al., 2019, s. neuvedeno).

V České republice je telemedicína v praxi využívána jak zdravotnickým operačním střediskem: např. přijímání a předání tísňové výzvy, telefonicky asistovaná první pomoc a neodkladná resuscitace, aktivace first responderů; tak výjezdovými skupinami ZZS: telefonické konzultace vzdáleného lékaře a ukládání nahrávek těchto hovorů, avíza cílovým zdravotnickým zařízením, odeslání EKG záznamu do specializovaných center a podobně. Autoři prezentují jako další nejzajímavější možnost využití telemedicíny v podmínkách PNP implementaci audiovizuálního přenosu v reálném čase z místa zásahu. ZZS Karlovarského kraje se využití telemedicíny v běžné praxi věnuje a mimo jiné hledala vhodná řešení pro zavedení audiovizuálních konzultací. Výsledky jejich práce svědčí pro možnost telemedicínských konzultací v dostačující kvalitě obrazu i zvuku s aktuálním vybavením, bylo ale by nezbytné zjednodušit a sjednotit uživatelské rozhraní. Momentálně však není na českém trhu dostupná aplikace, která by byla pro eHealth a telekonzultace bezpečná v rámci ochrany osobních údajů pacientů (Sýkora a Renza, 2019, s. 25-26, 29-30). Většina výzkumů a přehledových prací se nicméně zaměřuje na nemocniční péči a PNP a nevěnuje se aplikaci telemedicíny a rozšířené reality a jejich prostředků do prostředí medicíny katastrof a potenciálních benefitů, jež by z nich mohly pramenit (Ross et al., 2016, s. neuvedeno).

2.1 Potenciál telemedicíny a rozšířené reality při MU s HPZ

Implementací telemedicíny a eHealth do prostředí medicíny katastrof se zabývá ve své studii Norris et al. (2015, s. neuvedeno), kde dávají základ budoucímu výzkumu. Záměrem jejich práce je poskytnout pracovníkům zasahujícím při MU s HPZ a zasaženým osobám potřebné nástroje k podpoře efektivní pomoci. Dle autorů výsledky předběžně svědčí pro proveditelnost cíle, ačkoli nebude v blízké době dosažitelný. V rámci krizové připravenosti zmiňují možnost použití aplikací pro plány evakuace a ošetření na místě nebo v nemocnici včetně mobilní zdravotnické aplikace pro oběti a dobrovolníky. Uvažují nad digitálními verzemi standardů a protokolů pro nositelná zařízení a ve věci odpovědi na MU s HPZ zmiňují dálkové třídění zraněných pacientů před příjezdem do nemocnice včetně telemonitoringu jejich vitálních funkcí. Studie uvádí, že ve zmíněných oblastech má telemedicína velký potenciál.

Systematický přehled literatury z roku 2020 rovněž uzavírá, že integrace a aplikace telemedicíny a informačních technologií nabízejí významný nástroj k lepšímu zvládnutí MU s HPZ (Nejadshafiee et al., 2020, s. 611-622).

Uplatněním telemedicíny a názorem uživatelů na její užitečnost při hromadných neštěstích se zaměřili Gregory et al. (2021, s. 209-212, 214) a na základě svých výsledků vytvořili řadu doporučení pro další výzkum. Při rozsáhlém cvičení jednotek americké armády (4 týmy, celkem 92 účastníků různé odbornosti – lékaři, zdravotničtí záchranáři a technici, všeobecné sestry) byla vytvořena simulace MU s HPZ o vysoké míře realismu. Odehrávala se v nočních hodinách a trvala 12 hodin, přičemž podmínky byly ztíženy velkou mírou hluku, který je pro tento typ událostí jedním z faktorů ovlivňujících práci záchranných složek. Všichni účastníci byli proškoleni v používání tabletu pro možnost telemedicínské konzultace s neurochirurgem a byly vytvořeny 2 modelové případy, u nichž se předpokládalo, že by mohla být telemedicínská konzultace členy týmu aktivována – jednalo se o kraniotrauma a trauma pánevního kruhu. Výsledky demonstrují, že vzdálenou pomoc lékaře zvolilo pouze 10,9 % zúčastněných. Účastníci, kteří využili telekonzultaci uvádějí, že se díky ní zlepšila poskytovaná péče a usnadnil proces rozhodování, ale výrazně se zpomalila rychlost ošetření. Bariérou v užití nástroje telemedicíny při cvičení bylo hlavně zmatení ohledně týmových rolí, obavy z časové prodlevy a obtíže s funkčností nástroje v podmínkách MU s HPZ. Autoři doporučují v týmech zvolit osobu zodpovědnou za telemedicínu, nabídnout takové využití, jež by převažovalo její časovou náročnost, a zvolit nástroj

vhodný pro dané podmínky. Uzavírají ale, že má telemedicína potenciál zlepšit reakci složek IZS na MU s HPZ při třídění a zajištění obětí.

Kvalitativní studie případů posuzující použití telemedicíny při simulaci MU s HPZ a proměnné faktory jež hrají roli při těchto událostech demonstruje benefity telemedicíny na několika úrovních. Výsledky ukazují statistické rozdíly v pocitu psychologického bezpečí mezi uživateli a neuživateli telemedicíny v její prospěch. Telemedicína neměla signifikantní efekt na komunikaci v týmech a týmovou spolupráci, naproti tomu respondenti uvádí, že měla pozitivní vliv na kvalitu poskytované péče (Hughes et al., 2021, s. 814-817).

NewYork-Presbyterian Hospital využila při cvičení krizové připravenosti zaměstnanců urgentního příjmu technologii, již navzdory zvýšeným nákladům na její údržbu a pořízení záložních zdrojů při jejím selhání hodlají po prvotní zkušenosti integrovat do běžného provozu. Systém k identifikaci méně závažných případů byl funkčním a prospěšným nástrojem telemedicíny jenž umožnil zdravotnickým pracovníkům bez prodlev přednostně ošetřit závažnější případy. Měl tak celkově pozitivní vliv na rozložení prostředků urgentního příjmu (Farmer et al., 2021, s. 531-534). Prototyp modelu systému telekonzultací k podpoře třídění byl testován při simulaci MU s HPZ s následnými polostrukturovanými rozhovory na použitelnost systému. Bodové hodnocení modelového systému bylo nejvyšší z hlediska užitečnosti a spokojenosti a nejnižší ze strany audiovizuální kvality a spolehlivosti interakce s uživatelským rozhraním. Pro budoucí vývoj je nezbytné upravit uživatelské rozhraní a testovat systém v reálných podmínkách (Boyle et al., 2023, s. 625-632).

Rozdíly v třídění provedeném na místě MU s HPZ a třídění urgentního příjmu přijímajícího pracoviště mají nepříznivý vliv na rozložení prostředků zdravotnických zařízení a snižují efektivitu zvládnutí ošetření obětí hromadných neštěstí. Výsledky studie případů naznačují, že přenosem snímků z místa MU a aktuálních informací o třídění pacientů včetně obrazové dokumentace některých zranění může tomuto neefektivnímu managementu zabránit. Aplikace pro předávání informací včetně možnosti sdílení dat z místa události se zdravotnickými zařízeními v reálném čase může zdravotnickým zařízením pomoci lépe rozložit dostupné prostředky (Chen et al., 2022, s. 51-55). Přednemocniční a nemocniční triáž však musí být standardizována, aby byl systém účinný (Choi et al., 2018, s. 391-398). Pro zajištění adekvátní odpovědi všech složek podílejících se na řešení MU s HPZ byla vyvinuta e-triage aplikace (hodnocení periferního kapilárního okysličení, srdeční frekvence, dechové frekvence,

stavu vědomí, schopnosti chůze a pohlaví pacienta) a přidružený e-triage senzor (monitorace periferního kapilárního okysličení, srdeční frekvence, dechové frekvence) umožňující veliteli zásahu rychlé zhodnocení aktuálního stavu fyziologických funkcí zasažených osob a přidělené priority ošetření a transportu v reálném čase. Automatické odesílání dat s GPS souřadnicemi lokace postižených osob umožňuje okamžitou reakci v zajištění priorit léčby a odsunu a lepší rozvržení dostupných sil a prostředků v místě MU i v cílových zdravotnických zařízeních. Systém byl vyvinut po důsledné rešeršní činnosti a testován při simulovaném hromadném neštěstí s 10 oběťmi. Z výsledku hodnocení vyplývá, že respondenti byli s užíváním aplikace a senzoru spokojeni, technologii hodnotili jako spolehlivou, dobře použitelnou a přehlednou. Od dalšího vývoje a testování autoři studie očekávají zkrácení času od triáže k transportu postižených osob, snížení psychologické zátěže zasahujících pracovníků a zefektivnění odpovědi na MU s HPZ (Park, 2021, s. neuvedeno).

Augmented Disaster Medicine (AUDIME) je projekt zabývající se použitelností a sociální přijatelností chytrých a nositelných zařízení (mobilní telefony a tablety, chytré brýle nebo podobná nositelná zařízení) v prostředí hromadných neštěstí. Cílem AUDIME je poskytnout platformu která zachycuje, vyhodnocuje a poskytuje data z různých zdrojů na místě MU s HPZ. Tím způsobem se má zlepšit třídění, monitorování pacientů, sdílení informací a komunikace. AUDIME nenahrazuje žádné low-tech a netechnické přístupy, ale vylepšuje manipulaci s informacemi a distribuci digitalizovaných dat v reálném čase za použití dostupných mobilních a nositelných zařízení. Koncept se obecně zaměřuje na 2 oblasti. V první řadě na nositelná zařízení a jejich potenciální využití k asistovanému třídění s nahráváním a živým sdílením videa, komunikaci mezi týmy v místě MU, mezi velitelem zásahu a operačním střediskem, k zobrazení aktuálních dat ze zdravotnického vybavení (např. EKG) a telekonzultaci či přenosu dat vzdálenému lékaři. Dále se projekt věnuje zpracování heterogenních informací z mobilních telefonů a tabletů, nositelných zařízení a zdravotnického vybavení. Jejich uložení, analýzu, filtrování a integraci do společného datového modelu a případně sdílení s dalšími osobami v místě MU s HPZ i mimo něj (Paulus et al., 2015, s. 342-345). Panacea's Cloud™ je příkladem moderního systému k managementu MU s HPZ, jež umožňuje celkový přehled o aktuální situaci a integruje informace z technologií jako jsou např. nositelná zařízení a přístroje využívající virtuální realitu. Podporuje koordinaci mezi velitelem zásahu a zdravotnickými záchranáři nebo dalšími zasahujícími pracovníky. Studie z roku 2017

využívá tento systém pro přehled o aktuální situaci, synchronní přenos dat a informací, mapové zobrazení aktuální polohy záchranářů a obětí v reálném čase, služby hands-free komunikace (včetně možnosti telekonzultací se vzdáleným lékařem) se synchronizovaným systémem rozšířené reality a s chytrými brýlemi, digitálními poznámkami a odolnou Wi-Fi sítí. Z výsledků výzkumu vyplývá, že Panacea's Cloud™ stále potřebuje vylepšení, aby bylo uživatelské rozhraní přehlednější a intuitivnější a technologie tak byla přínosná. Účastníci studie však byli z 90 % schopni při testování systému splnit zadané úkoly a autoři studie soudí, že může být užitečným nástrojem pro velitele zásahu, budou-li upraveny nedostatky hlavně v podobě úpravy na úrovni interakce člověk-počítač (Demir et al., 2017, s. 193-209).

Autoři systematického přehledu studií si uvědomují, že včasný, přesný a úplný přehled o dění na místě MU s HPZ je klíčovým faktorem pro adekvátní reakci k řešení této události. Technologie mají potenciál tyto informace rychle získat a efektivně sdílet. Přehled stávajících technologií, jejich klasifikace na základě úrovně vyspělosti a porovnání s již využívanými přístroji při MU s HPZ odhalila nedostatky, na které by se mělo zaměřit další směřování výzkumu. Mnohé by dle autorů byly řešitelné implementací již existujících nástrojů, a to zejména v oblastech komunikace, analýzy dat, interoperability a lepších uživatelských rozhraní (Kedia et al., 2022, s. 341-359).

Bezпилotní vzdušná vozidla neboli drony mohou významně zlepšit přehled velitele zásahu o aktuální situaci v místě MU s HPZ, zajišťovat telekomunikační služby, pomoci logisticky zvládnout zajistit oblast a asistovat při organizaci záchranných a likvidačních prací. Výsledky prospektivní observační kohortové studie vypovídají o významném přínosu dronů při identifikaci bezpečnostních rizik a nebezpečných materiálů při simulaci MU s HPZ (Jain et al., 2018a, s. 631, 633). Potenciálně by mohly sloužit také k prvotnímu odhadu rozsahu MU s HPZ, počtu obětí, jejich přesné lokalizaci a odhadu závažnosti jejich poranění (Sibley et al., 2019, s. 337). Randomizovaná srovnávací studie potvrdila použitelnost dronů k třídění obětí při MU s HPZ. Srovnáním s kontrolní skupinou nebyl v rychlosti odhadu ani přesnosti významný rozdíl. Operační středisko by získalo využitím dronů povědomí o situaci a třídění by mohlo být zahájeno ještě před příjezdem první posádky. Reprodukory dronu mohou poskytnout pohybu schopným obětem instrukce k bezpečnému odsunu z místa hromadného neštěstí k vybranému shromaždišti (Jain et al., 2018b, s. 378-379). Systém Aerial Remote Triage je algoritmus určený ke vzdálenému třídění obětí MU s HPZ drony a je alternativním systémem třídění pro případy, kdy není možné

použít konvenční třídění na zemi – toto však nenahrazuje a slouží jen do doby, než je zasahujícím pracovníkům umožněn přístup k obětem. Použití dronu může urychlit proces získávání informací o hromadném neštěstí a může sloužit k instruování raněných k poskytnutí život zachraňujících úkonů sobě či okolí (např. zástava masivního krvácení) před příchodem třídících skupin (Álvarez-García et al., 2021, s. neuvedeno).

Z rozsáhlého dotazníkového šetření z let 2014-2015 vyplývá, že zdravotničtí pracovníci v Rumunsku podporují implementaci elektronického systému pro MU s HPZ, pokud by byly splněny požadavky pro lepší technické a softwarové vybavení a byly upraveny pracovní postupy (Stănescu et al., 2018, s. 283-291). Demir et al. (2017, s. 207) ve svém dotazníkovém šetření také zjistili, že současné komunikační metody a systémy nejsou vyhovující a implementace nových technologií s možností sledování dat v reálném čase by zvýšilo efektivitu řešení MU s HPZ. Nicméně v souladu s výsledky jiných studií by bylo nutné provést technická vylepšení.

Úspěšný provoz telemedicínského systému vyžaduje spolehlivost technologické infrastruktury. Zásadní selhání telemedicíny může zahrnovat nemožnost připojení pro nedostatečnou kvalitu signálu (špatné pokrytí oblasti internetovou sítí) či selhání systému, nekvalitní přenos videa, zvuku nebo obrázků. Studie zmiňující tyto nedostatky ovšem z pravidla přichází s dostatečně efektivním řešením daných problémů (Litvak et al., 2022, s. 797).

2.2 Využití chytrých brýlí při řešení MU s HPZ

Chytré brýle (vyjma brýlí pro virtuální realitu) lze z hlediska použitelnosti klasifikovat do dvou skupin – displej je umístěn buď přímo v zorném poli uživatele (např. Epson Moverio, Vuzix), nebo na jeho okraji, respektive mimo něj (Google Glass). Brýle s obrazem v zorném poli jsou vhodné pro rozšíření reality o zobrazené informace/objekty, ty ale mohou být pro uživatele rušivé. Pokud je pak displej umístěn na okraji nebo mimo zorné pole, uživatel se musí vědomě dívat na displej, neruší jej to však při vnímání reality. Google Glass je dle vyhledávání v databázi ACM Digital Library nejužívanějším typem chytrých brýlí pro vědecké projekty (Berndt, Mentler a Herczeg, 2015, s. 5; 2016, s. 147). Chytré brýle Google Glass uvedl na trh jako nový produkt v únoru 2013 technologický gigant Google. Jedná se o malé nositelné počítačové zařízení v lehkém titanovém rámu, který se nosí jako brýle. Do rámu je vsazena centrální procesorová jednotka, nad pravým okem je umístěn malý optický displej, dále je v nich integrována kamera, mikrofon, dotykový panel a mají možnost bezdrátového připojení k dalším zařízením. Zvukový výstup je přenášen pomocí kostního vedení (chvění se dostane přes lícní kosti do vnitřního ucha a není proto třeba sluchátek), takže zvuk je pro okolí téměř neslyšitelný. Ovládá se kombinací hlasových příkazů, gest hlavy a rukou a prostřednictvím touchpadu, umožňuje uživateli pořizovat a sdílet fotografie a videa, uskutečňovat videohovory a hlasové hovory, připojit se k internetu a používat Google aplikace a aplikace vyvinuté třetími stranami (Glass Explorer Edition, ©2013). Nová generace z roku 2019, Glass Enterprise Edition 2, má čtyřjádrový procesor, větší interní uložení a lepší kameru s rozlišením 8 megapixelů, rychlejší nabíjení a baterii s vyšší kapacitou 820 mAh oproti 570 mAh u staršího modelu. Jedny chytré brýle stojí v přepočtu téměř 25 000 Kč (Glass, ©2022).

První použití chytrých brýlí při simulaci hromadného neštěstí si připisují Carenzo et al. (2015, s. 222-225) ve svém článku pro *European Journal of Emergency Medicine*. Brýle byly testovány velitelem zásahu, třídící skupinou a několika pozorovateli. Pro účely studie byla výzkumným týmem vyvinuta aplikace založená na třídícím algoritmu START a prodloužena životnost baterie brýlí, jinak by nedostatečná kapacita baterie byla limitací. Po desetiminutovém zaškolení byl každý operátor vybaven unikátními QR kódy a barevnými štítky dle algoritmu START. Naskenováním QR kódu byl operátor interaktivním algoritmem promítaném na displeji brýlí a ovládaném hlasovými pokyny proveden procesem třídění, přičemž získaná data byla automaticky nahrána spolu

s GPS souřadnicemi a barvou vyříděné osoby do centrální databáze. Operátor měl také možnost pořídit obrazovou dokumentaci či video pro potřeby velitele zásahu a pozdějšího debriefingu. Technologie tak podpořila třídící skupinu v jinak hektické situaci a zprostředkovala veliteli zásahu informace o dění v místě MU s HPZ v reálném čase, umožnila mu dynamicky vyhodnocovat další postupy řešení. Navzdory limitacím, jako je ochrana osobních údajů, vidí autoři článku v chytrých brýlích velký potenciál, a to právě pro možnost vyvíjet další aplikace pro management MU s HPZ, v případně rychlejší a efektivnější triáži, vedení handsfree elektronické dokumentace, možnosti pořizovat obrazovou a videodokumentaci v místě MU s HPZ včetně lokalizace vyříděných raněných, a to vše dle potřeby synchronizovat s dispečinkem nebo nemocnicemi.

Využitelností telemedicíny při triáži za podpory chytrých brýlí se zabývá přibližně ve stejné době také Cicero et al. (2015, s. 4-8). Ve své studii proveditelnosti srovnávají přesnost třídění dvou týmů o dvou záchranářích, konkrétně kontrolní skupiny a skupiny, která má k dispozici chytré brýle s audio-video rozhraním a spojením na lékaře-odborníka na poli medicíny katastrof. Oba týmy třídily metodou SMART 20 stejných figurantů, skupina s chytrými brýlemi měla navíc možnost konzultovat triáž s lékařem. Mezi oběma skupinami nebyl zjištěn žádný významný rozdíl v celkové přesnosti třídění. Naproti tomu byl zjištěn významný rozdíl v době třídění pacientů, užití telemedicíny vyžadovalo téměř dvojnásobek času, přičemž tohoto prostředku využila skupina pouze u dvou figurantů. Limitací této studie je velikost vzorku a fakt, že byla konzultace s lékařem využita pouze dvakrát.

Německá randomizovaná simulační studie kolektivu autorů Follmann et al. publikovaná v roce 2019 rovněž srovnává dobu trvání a kvalitu triáže při použití chytrých brýlí a při konvenční triáži, získala ovšem odlišné výsledky. Follman et al. využívají prostředků rozšířené reality i telemedicíny a pro účely studie stejně jako Carenzo et al. vyvinuli aplikaci, jejímž prostřednictvím je na displej chytrých brýlí promítán třídící algoritmus a integrovanou kamerou je podobně jako u Cicero et al. navázáno spojení se vzdáleným anesteziologem s praxí na urgentním příjmu. Cílem studie autorů Follmann et al. (2019, s. neuvedeno) je zhodnotit použitelnost různých technických metod k podpoře triáže za použití chytrých brýlí. Jedná se o první publikovanou studii ohledně využití chytrých brýlí na poli medicíny katastrof, která výsledky srovnává s kontrolní skupinou. Simulace výbuchu řady obytných budov se účastnilo 31 záchranářů a provádělo opakovaná třídění 12 figurantů ve 3 skupinách,

celkem provedli 362 jednotlivých třídění: 20 záchranářů bylo bez technické podpory (kontrolní skupina) a vytřídili 240 případů, 7 záchranářů pracovalo se zobrazením PRIOR algoritmu na displeji chytrých brýlí a zpracovali 84 pacientů, třetí skupina o 4 záchranářích byla vyzvána k telemedicínské spolupráci se vzdáleným lékařem a provedla 38 jednotlivých třídění. Před zahájením simulace byli všichni záchranáři vyškoleni v používání algoritmu PRIOR a měli k dispozici kartičky s tímto algoritmem, které ale během simulace nikdo nepoužil. Výsledná přesnost třídění v kontrolní skupině byla pouze 58 %, často se rozhodovali spontánně, avšak jednu osobu hodnotili průměrně 16,6 sekund. Naproti tomu při použití technické podpory bylo dosaženo 92% přesnosti zobrazením algoritmu na displeji brýlí, ale jednotlivé třídění trvalo v průměru 37 sekund, a skupina provádějící třídění s telemedicínskou podporou dosáhla 90% přesnosti za průměrných 35 sekund. Záchranáři, kteří měli k dispozici podporu chytrých brýlí, pozitivně hodnotili jejich použitelnost i větší pocit jistoty, ochranné osobní pomůcky byly s chytrými brýlemi kompatibilní a nezhoršovaly manipulaci s touchpadem přístroje, brýle samy o sobě byly navíc dostatečnou ochranou očí. Limitací studie byla malá kapacita baterie brýlí, nedostatečná kompatibilita chytrých brýlí s dioptrickými brýlemi, nutnost funkčního připojení k WiFi a rozdílná velikost jednotlivých testovaných skupin, souběžně totiž v kontrolní skupině probíhal sběr dat pro jinou studii. Ačkoli triáž s technickou podporou vyžadovala významně více času než tradiční metoda, výhoda možnosti pořizování audiovizuálních záznamů a elektronické dokumentace, volných rukou, a hlavně vyšší přesnost třídění prokázaly, že chytré brýle jsou funkčním a užitečným nástrojem medicíny katastrof.

Zdravotníci pracovníci jsou často nuceni činit rychlá rozhodnutí a zavádění technologií do praxe poskytuje značnou výhodu při procesu rozhodování za respektování zavedených standardů (Moran et al., 2021, s. neuvedeno). Již Carenzo et al. (2015, s. 222-225) ve své studii prokázali, že chytré brýle mají v této oblasti velký potenciál. Na jejich i na svou vlastní práci navazují Follmann et al. (2021, s. neuvedeno) randomizovanou kontrolovanou cross-over studií, ve které porovnávají rychlost triáže za technické podpory chytrých brýlí Recon Jet a tabletu. Chytré brýle jsou pro uživatele často neznámou technologií, práce s nimi je pro ně neobvyklá a je proto ztrácen čas, který je v řešení MU s HPZ zásadní. Studie ověřuje, zda má opakované užití chytrých brýlí na rychlost triáže pozitivní efekt, a analyzuje, jaký vliv má na řečenou rychlost a kvalitu třídění zkušenost testované osoby s urgentní medicínou. Čtyřicet dobrovolníků (zdravotníci pracovníci, studenti zdravotnických

i nezdravotnických oborů) třídilo 30 virtuálních pacientů algoritmem PRIOR jak za použití tabletu, tak pomocí chytrých brýlí prostřednictvím stejné předinstalované aplikace (vznikla v rámci projektu AUDIME) s ovládáním přizpůsobeným jednotlivým zařízením. Každý z účastníků třídil každého virtuálního pacienta dvakrát, jednou s brýlemi a jednou na tabletu. Celkem tedy proběhlo 2400 jednotlivých třídění. Po statistickém zpracování výsledků bylo zjištěno, že hodnota mediánu třídění s tabletem činila 12,8 sekund, s chytrými brýlemi 17,5 sekund. Triáž s tabletem byla tedy přibližně o 27 % rychlejší. Opakované třídění prokázalo tendenci ke snížení potřeby času na jednoho virtuálního pacienta, výraznější rozdíly byly v případě chytrých brýlí. Přesnost třídění s chytrými brýlemi činila 86,3 %, s tabletem 85,6 %, koncept ovládání zařízení v rámci stejných testovacích podmínek tedy neměl na přesnost signifikantní vliv.

V dalších studiích, které hodnotily přesnost elektronické triáže bylo dosaženo velmi podobných výsledků, ačkoliv nesrovnávaly různá elektronická zařízení. Observační studie z roku 2017 srovnávající elektronickou a manuální triáž metodou START při simulaci MU s HPZ neprokázala významný rozdíl v přesnosti ani rychlosti mezi elektronickou a konvenční metodou, ačkoliv elektronická verze byla testovanými dobrovolníky preferována pro lepší přehlednost a větší pocit jistoty (Bolduc et al., 2018, s. 276), Cohenovo kappa 0,242, jež je výsledkem prospektivní studie z oddělení urgentního příjmu v King Abdullah Medical City (Saudská Arábie), představuje nízkou sílu shody mezi manuálním a elektronickým třídícím systémem a potvrzuje tak výsledky výše zmíněných studií (Eid a Borie, 2021, s. 73). Dobrovolníci se zkušenostmi v urgentní medicíně dosáhli rychlejších a přesnějších výsledků třídění (medián 14,5 sekundy, přesnost 91,6 %) ve srovnání s nezkušenými testovanými osobami (medián 15,7 sekundy, přesnost 82,5 %), nicméně bylo rovněž prokázáno, že s pomocí dostupných nástrojů byli i tito participanti schopni úspěšně projít třídícím algoritmem. Užití technologií při výuce i v každodenní praxi zdravotnických záchranářů by mohlo mít významný vliv na jejich využitelnost na poli medicíny katastrof (Follmann et al., 2021, s. neuvedeno). V řešení MU s HPZ má přehled o dění v místě neštěstí zásadní význam. Velitel zásahu však není jediný, kdo musí mít o situaci co nejdetailnější přehled, zásadní je totiž nejen komunikace s personálem zajišťující péči v místě MU s HPZ, ale také s cílovými nemocnicemi (Mentler a Herczeg, 2014, s. 1-6).

Při MU s HPZ mívají poskytovatelé neodkladné péče informace o dění v místě události, ale velmi omezené informace o dostupných prostředcích dosažitelných zdravotnických zařízeních, naopak tato zařízení často postrádají podrobná a aktuální

data o dění v místě hromadného neštěstí. Nabízí se využití telemedicíny a rozšířené reality při přetřídění postižených osob. Použitelnost a spolehlivost Google brýlí při přetřídění byla testována při cvičení útoku aktivního střelce v září 2016, kdy bylo realisticky namaskováno 44 figurantů. Všechny oběti byly přetříděny dvěma skupinami lékařů: první dvojice byla přítomna přímo na cvičení, druhá dvojice současně třídila stejné pacienty ze zdravotnického zařízení prostřednictvím videopřenosu v reálném čase, jež byl uskutečněn prostřednictvím chytrých brýlí, jejichž prostřednictvím také mohli vzdálení lékaři krátkými zprávami komunikovat s operátory (chytré brýle měla na sobě dvojice first-responderů). Použitelnost zařízení hodnotilo 15 respondentů v krátkém dotazníku, přičemž získaná data demonstrují pozitivní přijetí technologie uživateli. Manipulaci se zařízením hodnotili jako velmi snadnou, a neobtěžovala je při práci. Výsledky přetřídění jednotlivých lékařů byly porovnány použitím Cohena kapa a po statistickém vyhodnocení nebyl zjištěn mezi skupinami signifikantní rozdíl. Shoda mezi lékaři v místě MU s HPZ a vzdálenými lékaři byla ve většině případech > 85 %, v pěti ze šesti případů > 92 %. Zahájení přetřídění lékařem urgentního příjmu nebo jiným specialistou přijímajícího zdravotnického zařízení telemedicínsky by mělo mít stejnou spolehlivost, jako při osobním vyšetření pacienta, což by mohlo mít význam v lepším rozložení zdrojů zdravotnického zařízení a distribuci pacientů při MU s HPZ. Tato studie se však zabývá pouze tím, zda je triage s podporou rozšířené reality dostatečně kvalitní na to, aby umožnila spolehlivé rozhodování, nikoliv to, zda tato technologie skutečně zlepšit poskytování péče při hromadných neštěstích (Broach et al., 2018, s. 1418-1421).

Randomizovaná kontrolovaná studie, experimentální cvičení v terénu na urgentním příjmu Srinagarinské nemocnice v Thajsku, sledovala přesnost a rychlost odhadu počtu raněných při rozsáhlých hromadných neštěstích za pomoci chytrých brýlí firmy RealWear s programem TensorFlow společnosti Google (Apiratwarakul et al., 2022, s. 481). Adekvátní odhad rozsahu MU s HPZ má velký význam pro optimální management dostupných zdrojů (Moran et al., 2021, s. neuvedeno). Ve dnech 25. a 26. 2. 2022 provedlo 68 ze 70 dobrovolníků (2 byli ze studie vyřazeni pro nevolnost způsobenou chytrými brýlemi; 30 účastníků tvořilo kontrolní skupinu, zbytek skupinu s chytrými brýlemi) z řad pracovníků urgentního příjmu odhad počtu raněných osob při 15 simulačních scénách s různými počty postižených osob (maximální rozsah do 50 figurantů). Každý z účastníků se simulace účastnil sám, neměl po dobu studie možnost kontaktu s ostatními participanty. Ve skupině s chytrými brýlemi výsledky prokázaly

nejvyšší přesnost odhadu (98 %) při simulacích s 21–30 raněnými, v kontrolní skupině šlo při stejně velkém rozsahu o 89,2% přesnost, naopak manuální počítání raněných bylo o procento přesnější při simulacích s 1–10 raněnými. Větší přesnost chytrých brýlí při sčítání zasažených osob v rozmezí od 11 do 30 mohla být zapříčiněna tím, že program TensorFlow umí hodnotu rychle odhadnout v případě, že jsou od sebe jednotliví pacienti dostatečně vzdáleni, naopak jsou-li blízko u sebe nebo je jich příliš mnoho, program má s jejich detekcí problémy a přesnost i rychlost klesá, stejný problém však byl zaznamenán i u manuálního sčítání. Rozdíl v přesnosti odhadu počtu figurantů nebyl mezi skupinami signifikantní. Skupině s chytrými brýlemi trval odhad počtu postižených oproti manuálnímu počítání při simulacích s 11–20 a 21–30 figuranty skoro dvojnásobně kratší dobu (6,3 versus 11,2 sekund při 11–20, 22,1 versus 44,5 sekund při 21–30). Užití této technologie by tedy bylo z hlediska přesnosti a rychlosti výhodné u rozsáhlých hromadných neštěstí do 30 raněných osob (Apiratwarakul et al., 2022, s. 482-484).

Po dobu 2 měsíců v roce 2017 hodnotila v rámci studie proveditelnosti pražská ZZS efektivitu přenosu obrazu na zdravotnické operační středisko za využití chytrých brýlí XpertEye. Ty umožňují videokonzultaci v reálném čase, asynchronní sdílení a ukládání dat a ponechávají volné ruce k dalším činnostem operátora. V daném období nedošlo k žádné MU s HPZ, ale technologie byla využívána inspektorem provozu při dokumentaci událostí s větším počtem zasažených osob. Pro plynulý průběh záchranných a likvidačních prací je stěžejní rychlá a adekvátní reakce operačního střediska a doplnění informací ze situační zprávy o obrazy z místa události může pomoci časně aktivovat dostatek sil a prostředků. Studie demonstrovala jednoznačný přínos, musí se ovšem vyřešit řada technických nedostatků (kapacita baterie, křehkost konstrukce, závislost kvality obrazu na pohybu) a přizpůsobit zařízení pracovním podmínkám ZZS při MU s HPZ (Peřan et al., 2019, s. 13-16).

Uživatelské rozhraní použitých aplikací je nezbytné vyvinout do posledního detailu s ohledem na interakci člověka s počítačem, aby bylo uplatnění technologie bezpečné a prospěšné (Berndt, Mentler a Herczeg, 2015, s. 6). Využívá-li se v oblasti krizového managementu systém člověk-počítač, musí se předcházení chyb přikládat zvláštní význam, konkrétně zavést opatření k prevenci technických závad a omylů při interakci člověk-počítač (Mentler a Herczeg, 2014, s. 1-6). Stanovením kritérií k vytvoření účinného a uživatelsky přívětivého prostředí programu využitelného ve scénářích MU s HPZ pro chytré brýle se zabývá článek z roku 2014, v němž je popsán

celý proces vývoje prototypu aplikace. Na základě dat získaných ze simulované triáže a rozhovorů s členy Červeného kříže autoři článku vyhodnotili, že prototyp aplikace, která by co nejvíce usnadňovala činnost zdravotníků při hromadných neštěstích, by měl sloužit ke zlepšení komunikace mezi posádkami ZZS a zdravotnickými zařízeními, provázet procesem třídění a mít možnost handsfree použití. Rozhraní využívá světlé barvy a efekty průhlednosti, aby byly ikony pro zprávy, polohu a třídění vidět i na pozadí reálného prostředí, a přesto uživatele nerozptylovaly. Aplikace nabídne uživateli v jeho zorném poli 3 ikony, hlasovými příkazy pak může otvírat jednotlivé sekce, které jsou ikonami reprezentovány. Sekce pro proces třídění uživatele provede algoritmem START a funguje na principu kartiček s instrukcemi pro jednotlivé kroky. Funkční prototyp testovalo 6 zdravotnických záchranářů k potvrzení použitelnosti softwaru a uživatelského rozhraní. Byli vyzváni k provedení série úkonů a výzkumný tým hodnotil jejich schopnost orientace v prostředí aplikace a interakci s chytrými brýlemi. S ohledem na výsledky testování byly následující body vyhodnoceny jako kritické a v budoucím výzkumu by jim měla být věnována pozornost: hlasové příkazy by měly spustit potřebnou činnost namísto nástroje k jejímu provedení (např. při žádosti o videozáznam by se měl automaticky spustit fotoaparát a zapnout nahrávání namísto potřeby požádat o spuštění fotoaparátu a následně podat příkaz k zahájení nahrávání videa), reakční dobu aplikace na požadovaný úkon je třeba zkrátit a přístup k požadované akci musí být dosažen co nejjednodušší cestou. Vzhledem k velké variabilitě příkazů, které testovaní dobrovolníci využívali, autoři odhalili nutnost stanovit a otestovat soubor intuitivních jednoduchých slovních pokynů, které by usnadnily práci s aplikací a omezily chybně vyhodnocené a nerozpoznané příkazy (Fernández, Bernabe a Rodríguez, 2014, s. 12-14).

Aplikace spuštěné na chytrých brýlích Google Glass lze ovládat prostřednictvím dotykového panelu nebo rozpoznáním hlasu, nicméně to může být v hlučném prostředí nespolehlivé. Po provedení semistrukturovaných rozhovorů s 5 zdravotnickými záchranáři a 5 členy jednotek civilní ochrany skupina vědců z Německa navrhla prototyp dvou aplikací určených k třídění pacientů a identifikaci nebezpečných materiálů. V rámci konceptu systému člověk-počítač a na základě výsledků souvisejících studií vyvinuli pro obě aplikace jednotné uživatelské rozhraní a sadu hlasových příkazů, jež může uživatel k ovládní aplikace používat. Po frázi „ok glass“ se zpřístupní menu s aktuálně dostupnými možnostmi a po vyslovení pokynu uživatelem se rozpoznaná volba podbarví. Navíc přidali návrháři aplikace funkci „zpět“

a poslední zvolený příkaz je až do dalšího kroku viditelný na liště, usnadňují tak obsluhu zařízení i práci s programy. Na rozdíl od tradiční metody, aplikace podporující triáž při MU s HPZ nezobrazuje celý třídící algoritmus START, záchranář nemůže přeskočit žádný krok a může se bez rozptylování soustředit na aktuální činnost. Stejně jako předchozí studie je algoritmus spuštěn naskenováním QR kódu a sesbíraná data se automaticky odesílají veliteli zásahu a operačnímu středisku. Použitelnost aplikace k triáži hodnotila skupina 8 záchranářů a 5 členů jednotky civilní ochrany tříděním 4 virtuálních pacientů. Všichni účastníci se shodli, že ovládání aplikace je jednoduché a 8 z nich uvedlo, že by mohlo být použití chytrých brýlí při třídění velmi nápomocné a technologie by zlepšila přehled velitele zásahu o aktuálním dění v místě MU s HPZ. Technické problémy, se kterými se model Glass Explorer potýká ovšem vylučuje použití technologie v reálných podmínkách hromadných neštěstí. Přehřívání zařízení vede k horšímu rozpoznávání hlasových příkazů přístrojem, což by mohlo být řešeno podpůrným ovládáním pomocí touchpadu, ale chyby v načítání QR kódů v důsledku vysoké teploty přístroje řešitelné nejsou, stejně tak je limitací malá výdrž baterie. Hodnocení technologie a aplikací členy ZZS je ale obecně velmi pozitivní, a sofistikovanější verze chytrých brýlí s menším množstvím technických problémů by mohla mít pro budoucí použití v reálných podmínkách velký potenciál. Z odpovědí respondentů na využitelnost chytrých brýlí vyplynul také nápad na vývin k aplikaci sloužící k identifikaci nebezpečných materiálů. Při MU s HPZ může docházet k úniku nebezpečných látek a vzhledem k velké variabilitě těchto materiálů a malému výskytu takových událostí může být pro první posádky na místě náročné vyhodnotit míru rizika (Berndt, Mentler a Herczeg, 2015, s. 4-6, 13; 2016, s. 148-149).

Identifikaci nebezpečných látek a materiálů lze realizovat například prostřednictvím tabulky s přiděleným čtyřmístným UN číslem (United Nations number) a Kemlerovým kódem v souladu s Mezinárodní dohodou o silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR) Organizace spojených národů (Sdělení č. 15/2023 Sb. m. s., 2023). V České republice pojednává o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí vyhláška č. 402/2011 Sb. zpracovávající předpisy Evropské unie a navazující na nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (Vyhláška č. 402/2011 Sb., 2011).

Výstražné symboly identifikují pomocí chytrých brýlí ve své studii z roku 2015 již zmínění autoři z německého institutu pro multimédia a interaktivní systémy v Lübecku

a využívají existující databáze UN čísel a obecných varovných značek. Kamera chytrých brýlí po spuštění aplikace nasnímá varovnou značku a zobrazí její digitální verzi, aby uživatel potvrdil, že se shoduje s varováním, na které se právě dívá. Poté program zpřístupní uživateli základní informace o nebezpečném materiálu, se kterým právě přišel do kontaktu, včetně základních rizik a bezpečnostních opatření, která by měl podniknout. Při testování prototypu aplikace nikdo z 13 dobrovolníků (8 záchranářů a 5 členů jednotky civilní ochrany) neměl žádné připomínky k funkčnosti ani užitečnosti programu, naopak několik z nich uvedlo, že by podobnou pomůcku uvítali ve své každodenní praxi. Základní zobrazené informace by mohly být doplněny například o postup dekontaminace postižené osoby (Berndt, Mentler a Herczeg, 2015, s. 8, 12).

Follmann et al., Berndt, Mentler a Herczeg a další autoři ve svých publikacích zmiňují možnost využití chytrých brýlí ve výuce. Standardní výukové metody vykazují nízkou míru realismu (low-fidelity) a v porovnání s aktivnějšími přístupy mají pro edukanta menší přínos (Masters, 2013, s. 1588). V urgentní medicíně má proti konvenčním metodám výuka prostřednictvím high-fidelity simulací větší didaktický přínos (Sullivan et al., 2015, s. 10). Telesimulace by mohla být kvalitním prostředkem pro tyto účely. První studie zvažující její přínos v této oblasti je studie proveditelnosti z roku 2019. Kalifornská univerzita provedla telesimulační výuku třídícího algoritmu START v anglickém jazyce pro 32 studentů zdravotnických oborů v Saudské Arábii. Přednášky byly uskutečněny prostřednictvím PowerPointu a platformy pro dálkové sdílení obrazovky, následovalo cvičení (instruktor v roli zdravotnického záchranáře hodnotil jednotlivé pacienty a verbalizoval proces třídění) a virtuální simulace, kterou absolvoval každý z účastníků. Předem natočená MU s HPZ (aktivní střelec v kancelářské budově) prostřednictvím chytrých brýlí (tedy z úhlu pohledu záchranáře) byla promítnuta opět na displej chytrých brýlí, případně obrazovku jiného mobilního zařízení, a studenti odpovídali za triáž jednotlivých případů. Bezprostředně po ukončení kurzu všichni účastníci vyplnili dotazník využívající Likertovu škálu, z jehož vyhodnocení vyplývá obecně pozitivní pohled studentů na tuto formu výuky. Účastníci vnímají virtuální simulaci MU s HPZ jako efektivnější proti běžné výuce a podpořili názor, že nositelná technologie může být použita jako účinný nástroj pro předávání informací v prostředí PNP. Autoři studie tedy úspěšně demonstrovali implementaci nositelných technologií v interkontinentální přípravě na MU s HPZ (McCoy et al., 2019, s. 514-517). Přehledová studie z roku 2022 shrnující možnosti použití rozšířené,

virtuální a smíšené reality ve zdravotnickém vzdělávání s cílem prozkoumat povahu existujících důkazů, použití a účinnost ve výuce vyhodnocuje 1 239 odborných publikací za posledních 22 let. Využití sahá od nahrávání procedurálních demonstrací, 3D a „point of view“ videí jako doplňkové studijní materiály, přes videopřenosy v reálném čase pro demonstraci dovedností, telesupervize nebo telementoringu, až po simulovaná prostředí pro zážitkovou a interaktivní výuku. Důkazy naznačují, že mnohé formy aplikací technologií využívajících rozšířenou, virtuální či smíšenou realitu jsou v některých oblastech potenciálně účinnější než tradiční metody. K podpoře tohoto tvrzení ale autoři doporučují provést další studie srovnávající jednotlivé technologie i výukové metody (Curran et al., 2022, s. neuvedeno).

Faktory ovlivňující implementaci a přijetí chytrých brýlí do praxe PNP sumarizuje svým sociotechnickým pohledem na zmíněnou problematiku studie z roku 2022. K pochopení vlivů, jež jsou přínosem či bariérou k jejich zavádění, byly v průběhu 2 měsíců realizovány 4 workshopy s 15 účastníky ze 2 základen ZZS a 1 základny hasičského záchranného sboru. Bylo demonstrováno několik klíčových problémů technického i sociálního rázu včetně lidských a organizačních faktorů. V oblasti hardwarové a softwarové výpočetní techniky se v souznění s předešlými studii účastníci shodli, že největší překážkou je výdrž baterie, otázka odolnosti konstrukce chytrých brýlí a možnost jejich dezinfekce, spolehlivost připojení k internetu a kompatibilita aplikací brýlí s dalším vybavením ZZS. Velkou výhodu viděli v možnosti skenování QR kódů užitých pomůcek a léčiv s časovou značkou pro lepší dokumentaci práce v terénu, zaznamenání vitálních funkcí pacienta v reálném čase a v obrazové dokumentaci případných zranění s možností jejího odeslání lékaři cílového zdravotnického zařízení. Možnost handsfree ovládání hlasovými příkazy a gesty by mohla výrazně usnadnit upřednostnění implementace této technologie namísto dalších dostupných zařízení za předpokladu minimalistického a intuitivního uživatelského rozhraní. Naopak interakci člověka s počítačem negativně ovlivňuje kompatibilita zařízení s dioptrickými brýlemi. Několik respondentů navíc poukázalo na možnost nepříznivého vlivu vzhledu záchranářů s chytrými brýlemi na pediatrické pacienty a rizika ztráty jejich důvěry, což by bylo řešitelné dostatečnou edukací široké veřejnosti. Pokud by nebylo využití technologie dobře organizačně vyřešeno, hrozí navíc ovlivnění spolupráce členů posádky a narušení zažitého pracovního postupu. Aby bylo možné plně realizovat všechny výhody, jež chytré brýle poskytují, je třeba vzít v úvahu nastíněné sociotechnické otázky (Zhang et al., 2022, s. neuvedeno).

2.3 Význam a limitace dohledaných poznatků

Velmi významnou limitací při tvorbě této přehledové bakalářské práce bylo malé množství studií, často s malým vzorkem respondentů, jež by se věnovaly dané problematice, a jejich heterogenita. Byla tak podpořena teze nastíněná v úvodní kapitole. Využití telemedicíny a rozšířené reality při hromadných neštěstích zatím nebyla věnována přílišná pozornost ani v oblasti výzkumu, ani ve věci studií proveditelnosti a implementace zařízení do běžné praxe. Nástroje technologické i softwarové mají mnohé nedostatky jak technické, tak na úrovni uživatelského rozhraní. Často uváděným problémem je také nedostatečné pokrytí signálem o dostatečné rychlosti připojení k internetu. Bylo dokázáno, že je telemedicina i rozšířená realita obecně přijímána pozitivně a uživatelé uznávají jejich přínos, ale v současnosti není možné zavádět jejich nástroje do řešení reálných MU s HPZ. Nehledě na legislativní obstrukce jednotlivých zemí, a to hlavně v souvislosti s ochranou osobních dat pacientů, neboť by systémy pracovaly s citlivými informacemi včetně zdravotnické dokumentace. Je třeba si uvědomit také pořizovací a udržovací finanční náročnost těchto technologií a systémů, což bylo v některých využitých publikacích zmíněno, nicméně diskusi na toto téma je třeba věnovat rovněž větší pozornost. Finanční stránka věci by mohla být ovšem také významnou limitací právě pro pokračování dalšího výzkumu. Zvládnout začlenění nástrojů telemedicíny i rozšířené reality bude třeba také na organizační úrovni. Z nalezených výsledků vyplývá, že zdravotničtí pracovníci mají obavy z narušení týmové spolupráce a rychlosti a plynulosti práce v terénu při použití dalších technologií.

V oblasti potenciálního benefitu telemedicíny a rozšířené reality nebyl v rámci rešeršní činnosti nalezen článek shrnující možnosti využití jejich prostředků v řešení MU s HPZ. Výrazná heterogenita neumožnila sumarizaci využitelnosti různých technologií a obecně studie uváděly pouze výsledky hodnocení zařízení a systémů uživateli, objektivní hodnoty dokazující užitečnost a zlepšení managementu hromadných neštěstí nebyly součástí výstupů. Lze tedy telemedicínu a rozšířenou realitu označit pouze za potenciálně přínosné. Pro potvrzení je třeba provést další studie s většími vzorky a o větší důkazové hodnotě.

V kapitole o možnostech využití chytrých brýlí v medicíně katastrof byl opět limitací nedostatek aktuálních publikací. Jedná se o novou technologii a autoři studií často vycházejí z prací kolegů a navzájem se citují. Ačkoliv nejčastěji využívaným

typem chytrých brýlí byl produkt firmy Google, některé studie pracovaly s výrobky jiných firem a výsledky proto není možné srovnávat, neboť se hardwarové i softwarové vybavení produktů liší. Rovněž nebylo dohledáno mnoho článků, jež by zkoumaly uplatnění chytrých brýlí ve stejné oblasti (např. pro odhad počtu obětí při MU byla dohledána pouze jedna studie) a mnohé využití studie byly pilotními studiemi pro zvážení dalšího výzkumu, opět proto nebylo možné srovnávat získané výsledky.

Přínos této práce může spočívat v představení možností moderního řešení hromadných neštěstí zvažovaných zahraniční literaturou. Pandemie onemocnění COVID-19 prokázala, že je telemedicína užitečným nástrojem a urychlila zvažování a implementaci jejích prostředků do běžné klinické praxe urgentní medicíny. V oblasti medicíny katastrof má ovšem také velký potenciál, jak nastínila zahraniční studie. Digitalizací by mohlo být sdílení informací během MU s HPZ efektivnější, zlepšil by se přehled o aktuálním dění v místě těchto událostí. Nehledě na to, že by mohly technologie výrazně pomoci zasahujícím pracovníkům. V České republice bylo výzkumu využití telemedicíny při MU s HPZ věnována minimální pozornost a právě proto, že je četnost těchto událostí na našem území malá, je výhodné zvažovat nástroje, jež by mohly jejich řešení usnadnit. Významným přínosem by mohly být nástroje telemedicíny a rozšířené reality za předpokladu, že by byl proveden další výzkum a pokračovaly by pokusy o jejich implementaci při přípravě na MU s HPZ s případným využitím při managementu reálných hromadných neštěstí, pokud by se v našich podmínkách některé z těchto prostředků osvědčily.

Závěr

Pro zvládnutí MU s HPZ je zapotřebí odolný informační a komunikační systém pro rychlou a efektivní koordinaci sil a prostředků (Demir et al., 2017, s. 209). Videokonzultací se v České republice využívá velmi krátce a v současnosti existuje pro rutinní užívání telemedicíny množství limitací včetně pokrytí území mobilní sítí v dostatečné kvalitě, ale i v právní podpoře její aplikace. V ideálním případě by navíc měla využívat již zavedené technologie pro finanční náročnost nových přístrojů. O jejím uplatnění a o možnostech na poli medicíny katastrof se dle dostupné literatury v České republice téměř neuvažuje (Peřan et al., 2019, s. 16).

Dva výše zmíněné úryvky z článků, jež byly použity pro tvorbu této přehledové bakalářské práce, poměrně pěkně shrnují aktuální situaci ohledně prostředků telemedicíny a rozšířené reality v řešení MU s HPZ, a důvodů, proč by se jim měla věnovat pozornost v dalším výzkumu. Zdravotničtí záchranáři bývají v místě MU mezi prvními ze složek IZS a při záchranných pracích mají klíčovou roli. Navzdory přípravě na tyto události se stále najdou oblasti, ve kterých si pro zřídka, chaotičnost a psychickou náročnost těchto situací nejsou zcela jisti. Mnohé studie se shodují v tom, že pocit psychologického bezpečí byl při použití těchto technologií významný.

Cílem práce bylo zodpovědět otázku: Jaké jsou aktuálně publikované poznatky o prostředcích telemedicíny a rozšířené reality v řešení mimořádných událostí s hromadným postižením zdraví? Tento cíl byl splněn. Hlavní text práce se v dílčích cílech věnoval tomu, jaké benefity může telemedicína a rozšířená realita přinést. V dohledané literatuře dominovala výhoda lepšího přehledu o aktuální situaci s možností sdílet data v reálném čase, provádět telekonzultace se vzdáleným lékařem a efektivnější komunikace, a k daným účelům byly využívány různé technologie zahrnující mobilní telefony i drony. Obecně články a studie v souladu uzavírají, že tyto prostředky mají do budoucna velký potenciál, pokud budou vyřešeny jejich nedostatky. Druhý dílčí cíl byl specifitější a konkrétně se věnoval využití chytrých brýlí při řešení MU s HPZ. Dle dohledaných poznatků je jejich potenciální uplatnění krom zmiňovaných telekonzultací a sdílení dat také v možnosti promítání informací v reálném čase na displej brýlí – asistence při triáži, identifikace nebezpečných materiálů. Chytré brýle jsou podle mého mínění skvělým příkladem nástroje k aplikaci telemedicíny i rozšířené reality do dané problematiky. Dílčí cíle přispěly ke splnění hlavního cíle.

Referenční seznam

ÁLVAREZ-GARCÍA, Cristina et al., 2021. Development of the Aerial Remote Triage System using drones in mass casualty scenarios: A survey of international experts. *PLOS ONE* [online]. **16**(5). [cit. 2023-04-02]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242947>

APIRATWARAKUL, Korakot et al., 2022. Smart Glasses: A New Tool for Assessing the Number of Patients in Mass-Casualty Incidents. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. **37**(4), 480-484. [cit. 2023-01-10]. ISSN 1945-1938. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1049023X22000929>

BERNDT, Henrik, Tilo MENTLER a Michael HERCZEG, 2015. Optical Head-Mounted Displays in Mass Casualty Incidents. *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management* [online]. **7**(3), 1-15. [cit. 2022-12-27]. ISSN 1937-9390. Dostupné z: <https://doi.org/10.4018/IJISCRAM.2015070101>

BERNDT, Henrik, Tilo MENTLER a Michael HERCZEG, 2016. Smartglasses for the Triage of Casualties and the Identification of Hazardous Materials. *I-com* [online]. **15**(2), 145-153. [cit. 2022-12-27]. ISSN 2196-6826. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/icom-2016-0024>

BIFULCO, Paolo et al., 2014. Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for untrained people in performing an ECG test. *BioMedical Engineering OnLine* [online]. **13**(1). [cit. 2023-03-28]. ISSN 1475-925X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1475-925X-13-153>

BOLDUC, Claudie et al., 2018. Comparison of Electronic Versus Manual Mass-Casualty Incident Triage. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. **33**(3), 273-278. [cit. 2023-01-16]. ISSN 1945-1938. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1049023X1800033X>

BOYLE, Tehnaz P. et al., 2023. Feasibility and Acceptability of a Model Disaster Teleconsultation System for Regional Disaster Health Response. *Telemedicine and e-Health* [online]. **29**(4), 625-632. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1530-5627. Dostupné z: <https://doi.org/10.1089/tmj.2022.0103>

BROACH, John et al., 2018. Usability and Reliability of Smart Glasses for Secondary Triage During Mass Casualty Incidents. In: *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences* [online]. Hilton Waikoloa Village, Hawaii: HICCS, s. 1416-1422. [cit. 2023-01-16]. ISBN 978-0-9981331-1-9. Dostupné z: <https://doi.org/10.24251/HICSS.2018.175>

CARENZO, Luca et al., 2015. Disaster medicine through Google Glass. *European Journal of Emergency Medicine* [online]. **22**(3), 222-225. [cit. 2022-11-28]. ISSN 0969-9546. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000229>

CICERO, Mark et al., 2015. Do You See What I See? Insights from Using Google Glass for Disaster Telemedicine Triage. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. **30**(1), 4-8. [cit. 2022-12-26]. ISSN 1945-1938. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1049023X1400140X>

CURRAN, Vernon R. et al., 2022. Use of Extended Reality in Medical Education: An Integrative Review. *Medical Science Educator* [online]. 32(6). [cit. 2023-01-18]. ISSN 2156-8650. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s40670-022-01698-4>

ČESKO. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2011. Vyhláška č. 402/2011 Sb.: o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí. In: *Sbírka zákonů České republiky 2011*.

ČESKO. Ministerstvo zahraničních věcí, 2023. Sdělení č. 15/2023 Sb. m. s., o přijetí změn Přílohy A – Všeobecná ustanovení a ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů a Přílohy B – ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě Dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR). In: *Sbírka mezinárodních smluv č. 15/2023, částka 10*

ČESKO. Ministerstvo zdravotnictví, 2012. Vyhláška č. 296/2012 Sb.: o požadavcích na vybavení poskytovatele zdravotnické dopravní služby, poskytovatele zdravotnické záchranné služby a poskytovatele přepravy pacientů neodkladné péče dopravními prostředky a o požadavcích na tyto dopravní prostředky. In: *Sbírka zákonů České republiky 2012*.

DEMIR, Fatih et al., 2017. A Next-Generation Augmented Reality Platform for Mass Casualty Incidents (MCI). *Journal of Usability Studies*. **12**(4), 193-214. ISSN 1931-3357.

EID, Wae N. a Hussein M BORIE, 2021. Comparing Accuracy of Manual Triage with Electronic Triage System. *American Journal of Nursing Research* [online]. **9**(3), 71-75. [cit. 2023-01-16]. ISSN 2378-5594. Dostupné z: <https://doi.org/10.12691/ajnr-9-3-1>

FARMER, Brenna et al., 2021. A novel use of telemedicine during a hospital mass casualty drill. *Journal of Telemedicine and Telecare* [online]. **27**(8), 531-534. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1357-633X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1357633X19893879>

FERNÁNDEZ, María del Rocío Fuentes; BERNABE, Carlos Iván Tinajar a Roberto Razo RODRÍGUEZ, 2014. Red Cross Triage App Design for Augmented Reality Glasses. In: *Proceedings of the 5th Mexican Conference on Human-Computer Interaction - MexIHC '14* [online]. New York, NY, USA: ACM Press, s. 11-14. [cit. 2023-01-04]. ISBN 978-1-4503-3285-9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/2676690.2676697>

FOLLMANN, Andreas et al., 2019. Technical Support by Smart Glasses During a Mass Casualty Incident: A Randomized Controlled Simulation Trial on Technically Assisted Triage and Telemedical App Use in Disaster Medicine. *Journal of Medical Internet Research* [online]. **21**(1). [cit. 2022-12-26]. ISSN 1438-8871. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/11939>

FOLLMANN, Andreas et al., 2021. Augmented Reality for Guideline Presentation in Medicine: Randomized Crossover Simulation Trial for Technically Assisted Decision-making. *JMIR mHealth and uHealth* [online]. **9**(10). [cit. 2023-01-10]. ISSN 2291-5222. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/17472>

Glass [online], ©2022. Kalifornie: Google. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://www.google.com/glass/start/>

Glass Explorer Edition [online], ©2013. Kalifornie: Google. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://developers.google.com/glass>

Global diffusion of eHealth: making universal health coverage achievable. Report of the third global survey on eHealth, 2016. Geneva: World Health Organization. ISBN 978-92-4-151178-0.

GREGORY, Megan E. et al., 2021. Using Telemedicine in Mass Casualty Disasters. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* [online]. **15**(2), 208-215. [cit. 2023-03-31]. ISSN 1935-7893. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/dmp.2019.156>

HUGHES, Ashley et al., 2021. Trauma, Teams, and Telemedicine: Evaluating Telemedicine and Teamwork in a Mass Casualty Simulation. *Military Medicine* [online]. **186**(7-8), 811-818. [cit. 2023-04-02]. ISSN 0026-4075. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/milmed/usaa434>

CHEN, Chia-Hsi et al., 2022. Telemedicine communication using instant messaging technology improves pre-hospital triage in high mountain train disasters. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine* [online]. **29**(1), 51-55. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1024-9079. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1024907920966530>

CHOI, Hyo Jeong et al., 2018. Comparison with in-hospital Korean Triage and Acuity Scale (KTAS) and prehospital triage system in a metropolitan city. *Journal of The Korean Society of Emergency Medicine*. **29**(5), 391-398. ISSN 1226-4334.

JAIN, Trevor et al., 2018a. Comparison of Unmanned Aerial Vehicle Technology Versus Standard Practice in Identification of Hazards at a Mass Casualty Incident Scenario by Primary Care Paramedic Students. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* [online]. **12**(5), 631-634. [cit. 2023-03-31]. ISSN 1935-7893. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/dmp.2017.129>

JAIN, Trevor et al., 2018b. Comparison of Unmanned Aerial Vehicle Technology-Assisted Triage versus Standard Practice in Triage of Casualties by Paramedic Students in a Mass-Casualty Incident Scenario. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. **33**(4), 375-380. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1945-1938. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1049023X18000559>

KEDIA, Tara et al., 2022. Technologies Enabling Situational Awareness During Disaster Response: A Systematic Review. *Disaster Medicine and Public Health*

Preparedness [online]. **16**(1), 341-359. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1935-7893. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.196>

KIM, Yesul et al., 2020. Decision Support Capabilities of Telemedicine in Emergency Prehospital Care: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research* [online]. **22**(12). [cit. 2023-03-29]. ISSN 1438-8871. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/18959>

KOTELNIK, Vladimir et al., 2021. 12-Lead Electrocardiograms Acquired and Transmitted by Emergency Medical Technicians are of Diagnostic Quality and Positively Impact Patient Care. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. **36**(1), 47-50. [cit. 2023-03-27]. ISSN 1945-1938. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1049023X20001259>

LITVAK, Mark et al., 2022. Telemedicine Use in Disasters: A Scoping Review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* [online]. **16**(2), 791-800. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1935-7893. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.473>

MASTERS, Ken, 2013. Edgar Dale's Pyramid of Learning in medical education: A literature review. *Medical Teacher* [online]. **35**(11), 1584-1593. [cit. 2023-01-17]. ISSN 0142-159X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/0142159X.2013.800636>

MCCOY, Eric et al., 2019. Feasibility of Telesimulation and Google Glass for Mass Casualty Triage Education and Training. *Western Journal of Emergency Medicine* [online]. **20**(3), 512-519. [cit. 2023-01-17]. ISSN 1936900X. Dostupné z: <https://doi.org/10.5811/westjem.2019.3.40805>

MENTLER, Tilo a Michael HERCZEG, 2014. Interactive Cognitive Artifacts for Enhancing Situation Awareness of Incident Commanders in Mass Casualty Incidents. In: *Proceedings of the 2014 European Conference on Cognitive Ergonomics - ECCE '14* [online]. New York, NY, USA: ACM Press, s. 1-6. [cit. 2022-12-30]. ISBN 978-1-4503-2874-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/2637248.2637254>

MORAN, Mary E. et al., 2021. Staff Perspectives of Mass Casualty Incident Preparedness. *Cureus* [online]. **13**(6). [cit. 2023-01-10]. ISSN 2168-8184. Dostupné z: <https://doi.org/10.7759/cureus.15858>

MUNZER, Brendan William et al., 2019. Augmented Reality in Emergency Medicine: A Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research* [online]. **21**(4). [cit. 2023-03-28]. ISSN 1438-8871. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/12368>

NEJADSHAFIEE, Mahdiye et al., 2020. Telenursing in Incidents and Disasters: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Emergency Nursing* [online]. **46**(5), 611-622. [cit. 2023-04-02]. ISSN 0099-1767. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jen.2020.03.005>

NORRIS, Tony C. et al., 2015. Disaster E-Health: A New Paradigm for Collaborative Healthcare in Disasters. In: *ISCRAM 2015 Conference Proceedings - 12th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management*. Krystiansand, Norway: University of Agder. ISBN 9788271177881. ISSN 2411-3387. Dostupné z: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3428.6248>

PARK, Ju Young., 2021. Real-Time Monitoring Electronic Triage Tag System for Improving Survival Rate in Disaster-Induced Mass Casualty Incidents. *Healthcare* [online]. **9**(7). [cit. 2023-04-04]. ISSN 2227-9032. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/healthcare9070877>

PAULUS, Alexander et al., 2015. AUDIME: Augmented disaster medicine. In: *2015 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)* [online]. Boston, USA: IEEE, s. 342-345. [cit. 2023-04-02]. ISBN 978-1-4673-8325-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2015.7454522>

PEŘAN, David et al., 2019. Testování technologie pro přenos obrazu z místa zásahu na zdravotnické operační středisko. *Urgentní medicína*. České Budějovice: Mediprax CB s.r.o. **22**(3), 13-16. ISSN 1212–1924.

REKOSZ, Jerzy et al., 2015. Standard 12-lead electrocardiogram tele-transmission: Support in diagnosing cardiovascular diseases in operations undertaken by Warsaw-area basic medical rescue teams between 2009 and 2013. *Cardiology Journal* [online]. **22**(6), 675-682. [cit. 2023-03-27]. ISSN 1898-018X. Dostupné z: <https://doi.org/10.5603/CJ.a2015.0059>

RÖRTGEN, Daniel et al., 2013. Comparison of physician staffed emergency teams with paramedic teams assisted by telemedicine – a randomized, controlled simulation

study. *Resuscitation* [online]. **84**(1), 85-92. [cit. 2023-03-27]. ISSN 0300-9572. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.06.012>

ROSS, Jamie et al., 2016. Factors that influence the implementation of e-health: a systematic review of systematic reviews (an update). *Implementation Science* [online]. **11**(1). [cit. 2023-03-30]. ISSN 1748-5908. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13012-016-0510-7>

SIBLEY, Aaron K. et al., 2019. Remote Scene Size-up Using an Unmanned Aerial Vehicle in a Simulated Mass Casualty Incident. *Prehospital Emergency Care* [online]. **23**(3), 332-339. [cit. 2023-03-31]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10903127.2018.1511765>

SIEBERT, Johan N et al., 2017. Adherence to AHA Guidelines When Adapted for Augmented Reality Glasses for Assisted Pediatric Cardiopulmonary Resuscitation: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research* [online]. **19**(5). [cit. 2023-03-28]. ISSN 1438-8871. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/jmir.7379>

STĂNESCU, Adrian et al., 2018. Moving Toward a Universal Digital Era in Mass Casualty Incidents and Disasters: Emergency Personnel's Perspective in Romania. *Telemedicine and e-Health* [online]. **24**(4), 283-291. [cit. 2023-04-02]. ISSN 1530-5627. Dostupné z: <https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0037>

SULLIVAN, Nancy J. et al., 2015. Simulation exercise to improve retention of cardiopulmonary resuscitation priorities for in-hospital cardiac arrests: A randomized controlled trial. *Resuscitation* [online]. **86**, 6-13. [cit. 2023-01-17]. ISSN 03009572. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.10.021>

SUMMK ČLSJEP, 2018. Hromadné postižení zdraví/osob – postup řešení zdravotnickou záchrannou službou v terénu. Praha: ČLSJEP. [cit. 2022-12-29]. Dostupné také z: https://urgmed.cz/wp-content/uploads/2019/03/2018_hn.pdf

SÝKORA, Roman a Metoděj RENZA, 2019. Telemedicína v přednemocniční neodkladné péči: novinky 2019. *Urgentní medicína* [online]. České Budějovice: Mediprax CB s.r.o. **22**(2), 24-33. [cit. 2023-03-27]. ISSN 1212–1924. Dostupné z: https://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2019_2.pdf

ŠÍN, Robin a Luděk HEJKAL, 2017. Znalosti členů výjezdových skupin v činnostech zdravotnické složky v místě mimořádné události s hromadným postižením osob. *Urgentní medicína* [online]. České Budějovice: MediPrax CB s.r.o. **20**(1), 10-17. [cit. 2022-12-29]. ISSN 1212-1924.

URBÁNEK, Pavel et al., 2017. Řešení hromadného postižení zdraví/osob v přednemocniční neodkladné péči – nově již jen rychle a zběsile? *Urgentní medicína* [online]. České Budějovice: MediPrax CB s.r.o. **20**(2), 11-17. [cit. 2022-12-29]. ISSN 1212-1924.

ZHANG, Zhan et al., 2022. Designing and implementing smart glass technology for emergency medical services: a sociotechnical perspective. *JAMIA Open* [online]. **5**(4). [cit. 2023-03-31]. ISSN 2574-2531. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooac113>

Seznam zkratk

ADR	Mezinárodní dohoda o silniční přepravě nebezpečných věcí
AUDIME	Augmented Disaster Medicine
HPZ.....	hromadné postižení zdraví
IZS	integrováný záchranný systém
MU	mimořádná událost
např.....	například
PNP	přednemocniční neodkladná péče
s	sekunda
UN.....	United Nations
ZZS	zdravotnická záchranná služba