

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKCH VĚD
Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Štěpán Chládek

**Intoxikace oxidem uhelnatým
v přednemocniční péči**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Marinella Danosová, DiS.

Olomouc 2021

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

Olomouc 23.3.2020

Podpis

Děkuji vážené Mgr. Marinelle Danosové, DiS za pomoc a odborné vedení bakalářské práce, za připomínky, cenné rady a podněty, které mi byly poskytnuty.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Akutní stavy v přednemocniční péči

Název práce v ČJ: Intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči

Název práce v AJ: Carbon monoxide poisoning in prehospital care

Datum zadání: 7.11.2020

Datum odevzdání: 7.5.2021

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

Autor práce: Chládek Štěpán

Vedoucí práce: Mgr. Danosová Marinella, DiS.

Oponent práce: -----

Abstrakt v ČJ: Intoxikace oxidem uhelnatým je nejčastější otrava plynem na světě. Tato přehledová bakalářská práce předkládá aktuální dohledané poznatky o vybraných metodách diagnostiky a terapie v přednemocniční péči s následným transportem do cílového zdravotnického zařízení. Cílem práce byla sumarizace aktuálně dohledaných validních poznatků o problematice intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči. Práce je členěna do dvou podkapitol, přičemž každá podkapitola reflektuje jeden dílčí cíl. Třetí podkapitola tvoří význam a limitace dohledaných poznatků. První dílčí cíl přehledové bakalářské práce se zabývá diagnostickými metodami při intoxikaci oxidem uhelnatým v přednemocniční péči. Druhý dílčí cíl se zabývá terapeutickou péčí s následným transportem do vhodného cílového zdravotnického zařízení při intoxikaci oxidem uhelnatým v přednemocniční péči. Předložené aktuální poznatky byly čerpány celkem z 29 zdrojů a byly dohledány v elektronických databázích EBSCO, ProQuest and PubMed.

Abstrakt v AJ: Carbon monoxide poisoning is the most common gas poisoning in the world. The overview of this bachelor thesis presents current valid information on selected methods of diagnosis and therapy with subsequent transport to the required medical facility in pre-hospital

care. The aim of the thesis was to summarize the current validated findings on the issue of carbon monoxide poisoning in pre-hospital care. The thesis is divided into two subchapters according to partial objectives. The third subchapter constitutes the meaning and limitation of the searched findings. The first partial goal of the review bachelor thesis deals with diagnostic methods for carbon monoxide poisoning in pre-hospital care. The second partial goal deals with therapeutic care with subsequent transport to a suitable healthcare facility for carbon monoxide poisoning in pre-hospital care. The current evidence submitted was drawn from a total of 29 sources and were retrieved in the electronic databases EBSCO, ProQuest and PubMed.

Klíčová slova v ČJ: Intoxikace oxidem uhelnatým, terapie, diagnostika, přednemocniční péče, oxygenoterapie, hyperbarická komora, zdravotnická záchranná služba (ZZS)

Klíčová slova v AJ: Carbon monoxide poisoning, therapy, diagnostic, prehospital care, oxygen therapy, hyperbaric chamber, emergency medical services (EMS)

Rozsah: 39 / 1 příloha

Obsah

ÚVOD	7
1 POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI	9
2 INTOXIKACE OXIDEM UHELNATÝM V PŘEDNEMOCNIČNÍ PÉČI.....	12
2.1. Zhodnocení a diagnostika intoxikovaných pacientů v přednemocniční péči	15
2.2. Terapeutické zajištění intoxikovaných pacientů v přednemocniční péči	22
2.3. Význam a limitace dohledaných poznatků	29
ZÁVĚR.....	31
REFERENČNÍ SEZNAM.....	33
Seznam zkratk	38
Seznam příloh.....	39

ÚVOD

Intoxikace oxidem uhelnatým se řadí do skupiny inhalačních intoxikací. Cestou vstupu je dýchací trakt a rychlost nástupu účinku je srovnatelná s intravenózním podáním. Intoxikace oxidem uhelnatým je považována za nejčastější náhodnou inhalační otravu (Ševela 2011, str. 152). V České republice se incidence intoxikace odhaduje na 1000–1500 ročně, ale skutečná incidence otrav oxidem uhelnatým je pravděpodobně vyšší (Šeblová 2018, str. 382). Podezření na intoxikaci oxidem uhelnatým vzniká, pokud nespecifickými symptomy trpí další členové domácnosti nebo v případě požáru a popálenin způsobené ohněm. Za terapii se považuje přemístění pacienta ze zamořené oblasti a podání vysoko průtokového kyslíku maskou (Remeš 2013, str. 191). V závislosti na klinickém obrazu se zvažuje primární transport do zdravotnického zařízení či do zdravotnického zařízení s hyperbarickou komorou (Dobiáš 2012, str. 499).

V souvislosti s touto problematikou je možno položit si otázku: Jaké jsou aktuální publikované poznatky o problematice intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči?

Cílem této bakalářské práce je sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o intoxikacích oxidem uhelnatým v přednemocniční péči. Hlavní cíl bakalářské práce je dále specifikován v následujících dílčích cílech:

Dílčí cíl 1

Předložit aktuální dohledané publikované poznatky o zhodnocení a diagnostice intoxikovaných pacientů v přednemocniční péči.

Dílčí cíl 2

Předložit aktuální dohledané publikované poznatky o možnostech terapeutického zajištění s následným transportem do vhodného zdravotnického zařízení u intoxikovaných pacientů v přednemocniční péči.

Vstupní studijní literatura:

DOBIÁŠ, Viliam, Táňa BULÍKOVÁ a Peter HERMAN, 2012. *Prednemocničná urgentná medicína*. 2., dopln. a přeprac. vyd. Martin: Vydavateľstvo Osveta. ISBN 978-80-8063-387-5.

ŠEBLOVÁ, Jana a Jiří KNOR. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. 2., doplněné a aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN: 978-80-271-0596-0.

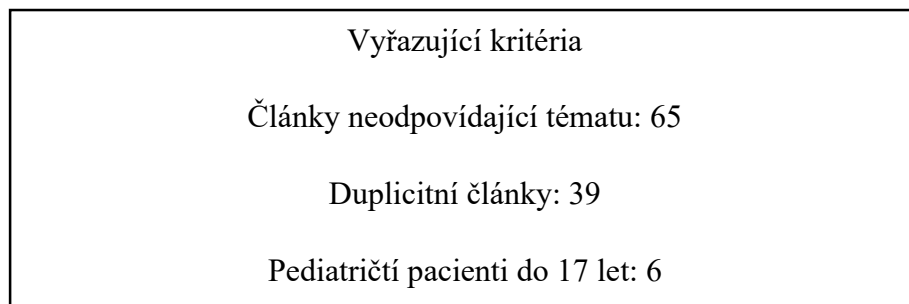
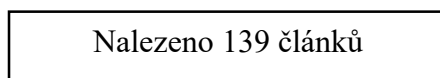
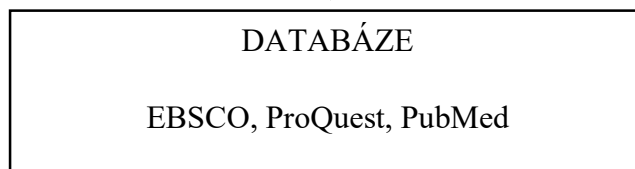
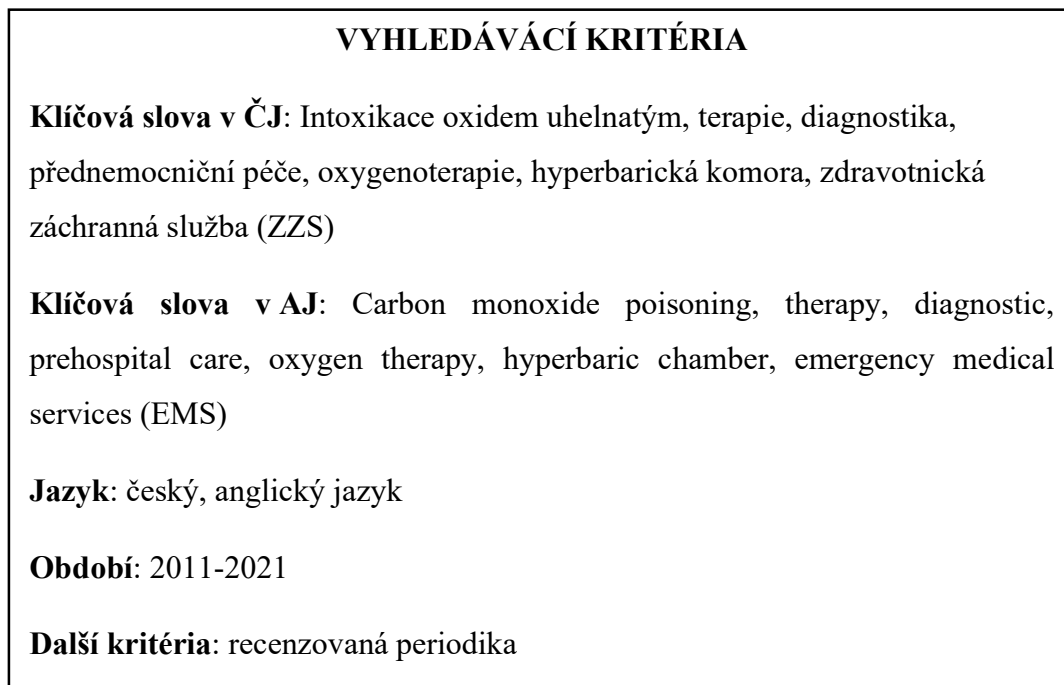
REMEŠ, Roman a Silvia TRNOVSKÁ, 2013. *Praktická příručka přednemocniční urgentní medicíny*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4530-5

ŠEVELA, Kamil a Pavel ŠEVČÍK, 2011. *Akutní intoxikace a léková poškození v intenzivní medicíně*. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3146-9

NATIONAL ASSOCIATION OF EMERGENCY MEDICAL TECHNICIANS, 2015. *AMLS: Advanced Medical life Support*. 2., doplněné a aktualizované vydání. Burlington: Jones and Bartlett Publishers. ISBN: 978-1-284-04092-0

1 POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI

Pro rešeršní činnosti byl použit standardní postup vyhledávání s použitím vhodných klíčových slov a s pomocí booleovských operátorů.



SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOHLEDANÝCH
DOKUMENTŮ

EBSCO – 9 článků

ProQuest – 18 článků

PubMed – 2 články



Prehospital and Disaster Medicine	4 články
Western Journal of Emergency Medicine	2 články
Acute medicine & Surgery	1 článek
American Association of nurse Anesthetists	1 článek
BioMed-Research International	1 článek
BMJ Open Respiratory Research	1 článek
Clinical Toxicology	1 článek
Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny	1 článek
Disaster Medicine and Public Health Preparedness	1 článek
Emergency medicine reports	1 článek
Expert Review of Respiratory Medicine	1 článek
Internal and Emergency Medicine	1 článek
Jornal Brasileiro de Pneumologia	1 článek
Journal of Burn Care & Research	1 článek
Journal of Emergencies, Trauma, and Shock	1 článek
Journal of Human Security	1 článek
Journal of the International Neuropsychological society	1 článek

Journal of the Royal army medical Corps	1 článek
Military Medical Research	1 článek
Minerva Anesthesiologica	1 článek
New England Journal of Medicine	1 článek
Otorinolaryngologie a Foniatrie	1 článek
The American Journal of Emergency Medicine	1 článek
The Journal of Emergency Medicine	1 článek
Trauma Reports	1 článek



Pro přehled publikovaných poznatků bylo použito 29 článků

2 INTOXIKACE OXIDEM UHELNATÝM V PŘEDNEMOCNIČNÍ PÉČI

Akutní intoxikace oxidem uhelnatým (CO) je považována za jeden ze zásadních zdravotních problémů v klinické toxikologii (Kim 2018, str. 759). Je nejběžnější formou inhalační intoxikace ve světě. Ng zmiňuje, že více než 20 000 návštěv urgentního příjmu v Americe ročně je z důvodu intoxikace oxidem uhelnatým (Ng 2017, str. 223). Dle Ozturana akutní intoxikace oxidem uhelnatým postihuje ročně až 50 000 lidí ve Spojených státech (Ozturan 2019, str. 617). Dle Huzara je přesná incidence intoxikace oxidem uhelnatým neznámá. Dále udává, že okolo 5 000 – 6 000 lidí zemře ročně při vystavení se oxidu uhelnatému. Většina smrtí souvisí s požárem domu či otravou zplodinami z auta. (Huzar 2014, str. 159). Veřejné zdravotnictví a legislativa se snaží zvýšit povědomí intoxikací CO a využití CO detektorů ve veřejnosti. I přes tuto snahu počet hospitalizací pro intoxikaci CO zůstává dle Masterse stejný (Masters 2019, str. 506).

Oxid uhelnatý je bezbarvý plyn bez zápachu a chuti, který je produkován při nedokonalém hoření (Lipový 2011, str.55). Je vytvořený nekompletní oxidací uhlíku a musí se předpokládat v každém kouři ohně (Yan 2019, str.2). Inhalace kouře je odhadem zodpovědná za 75 % úmrtí spojených s požárem ve Spojených státech (Stevens 2015, str. 2). Antonio udává, že oxid uhelnatý může za 80 % úmrtí spojovaných s inhalací kouře. Většina z nich nastává v prvních 24 hodinách (Antonio 2013, str. 376). Dle Huzara, mohou nenápadné vlastnosti oxidu uhelnatého a nespecifické mírné příznaky přispět k dlouhodobé expozici u člověka. Bez potvrzení přítomnosti oxidu uhelnatého na místě události mohou neurčité příznaky a symptomy vést chybné diagnóze (Huzar 2014, str.163). CO je plyn produkován hořením paliv a organických materiálů. Je také produkován v malém množství jako vedlejší produkt fyziologického lidského metabolismu. K intoxikaci může dojít při hoření budov a průmyslových zařízení, v garážích s nastartovaným autem, z hoření uhelných briket, z lodních pohonných motorů, či doma kvůli nefunkčnímu plynovému sporáku, zahřívacích zařízeních a vadných generátorů. Dalšími možnými zdroji jsou vysokozdvíhací vozíky, vůz pro úpravu ledních ploch a betonové pily poháněné plynem (Ng 2018, str. 223). V moderním světě je oxid uhelnatý všudypřítomný. CO intoxikace vzniká, když je pacient vystaven plynu v dostačující koncentraci, aby způsobila symptomy s nebo bez selhání určitých orgánů (Masters 2019, str. 506). Závažnost intoxikace je determinována jak vysokým množstvím život náhle ohrožujících stavů, tak rizikem komplikací vedoucí k permanentnímu orgánovému poranění (Kim 2018, str. 759). Oxid uhelnatý je asfyxiant – dusivý plyn. Interferuje s kyslíkovým

metabolismem a vede ke tkáňové hypoxii s přeměnou na anaerobní metabolismus. Vzniká metabolická acidóza a hyperlaktatemie (Hernetig 2019, str. 1647).

Oxid uhelnatý zabraňuje kyslíku transportovat se do buněk. CO má 230–270krát vyšší afinitu na hemoglobin než kyslík (Ng 2018, str. 224). Huzar se Stevensem ve svých studiích popisují, že afinita oxidu uhelnatého na hemoglobin je 210krát vyšší (Huzar 2014, str.160, Stevens 2015, str. 3). Yan uvádí, že se oxid uhelnatý váže na hemoglobin s afinitou 200 až 250krát vyšší (Yan 2019, str. 2). Kvůli tomu může vytvářet formu anemické hypoxie a zmenšuje tak kapacitu přenosu kyslíku krví (O'Driscoll 2017, str. 42). Dochází tedy ke tkáňové hypoxii. Oxid uhelnatý proniká při inhalaci přes alveolární bariéru a váže se na hemoglobin. Při vazbě oxidu uhelnatého na hemoglobin vzniká karboxylhemoglobin (COHb). Když se koncentrace COHb zvyšuje, způsobuje fyziologický posun disociační křivky oxyhemoglobinu doleva a snižuje dodávku kyslíku do buněk. Zároveň oxid uhelnatý zvyšuje tvorbu oxidu dusného, který způsobuje vasodilataci a mikrovaskulární poranění, které mohou částečně způsobovat dlouhodobé komorbiditity (Ng 2018, str. 224). Oxid uhelnatý zabraňuje přístupu kyslíku do mitochondrií v srdečních buňkách a způsobuje tím poranění mezibuněčné vazby na intracelulární myoglobin (Stevens 2015, str. 3). Vazba CO na myoglobin může také způsobit další myokardiální poškození. Morbidity, které mohou následovat po intoxikaci oxidem uhelnatým postihují především orgánové systémy s vysokými nároky na kyslík. Především se jedná o kardiovaskulární a neurologické systémy. Intoxikace CO může vést ke smrtícím arytmiím a permanentnímu neurologickému postižení, pokud tato intoxikace není včas diagnostikována a vyřešena (Ng 2018, str. 224). U závažných intoxikací se mohou objevit známky orgánového selhání, jako jsou zvýšené hodnoty dusíku močoviny v krvi, kreatininu a kreatinin kinázy i proteinurie kvůli vzniklé rhabdomyolyze. Zároveň může vzniknout selhání jater (Stevens 2015, str. 4). Intoxikace CO může způsobit neobvyklou komplikaci v podobě selhání ledvin. Retrospektivní kohortová studie od Kima et al. ukazuje, že z 661 pacientů s otravou oxidem uhelnatým mělo 114 (17,2 %) následné selhání ledvin (Kim 2018, str. 762).

Intoxikace oxidem uhelnatým vede k poškození tkání a orgánů kvůli mechanismům jako jsou hypoxie, excitotoxicita, lipidová peroxidace a apoptóza. Vyvíjí se tak mozková léze vedoucí ke ztrátě a atrofii neuronálních buněk (Watt 2017, str. 405). Po akutní intoxikaci oxidem uhelnatým je zaznamenán vývoj motorických, verbálních a sensorických deficitů. Křečové stavy a deficity v oblasti páteřní míchy jsou výsledkem náhlého poranění centrální nervové soustavy. Na druhou stranu jsou i případy, kdy pacienti nemají žádné akutní neurologické potíže po intoxikaci oxidem uhelnatým, ale může u nich vzniknout zpožděný

neuropsychiatrický syndrom v průběhu 3 až 240 dní po intoxikaci CO (Huzar 2014, str. 261). Charakteristickým nálezem na mozku je petechiální krvácení v bílé mase, nekróza bilaterální globi pallidi, spongiózní změny a progresivní demyelinizace v cerebrálním kortexu, thalamu a hippocampu (Stevens 2015, str. 4). Zpožděný neuropsychiatrický syndrom (Delayed neuropsychiatric sequelae – DNS) se může objevit dny či týdny po prvním kompletním uzdravení po akutní intoxikaci oxidem uhelnatým. Mechanismus, který způsobuje DNS je nejasný, ale může zahrnovat progresivní zánět. (Liao 2018, str.2). Pozdní neuropsychiatrické obtíže se projevují letargií, zmateností, emoční labilitou, amnézií, anhedonií, depresí a psychózou. Zpožděné neuropsychiatrické obtíže vznikají u 40 % případů intoxikace oxidem uhelnatým (Idil 2019, str. 455).

Koncentrace oxidu uhelnatého v atmosféře je obvykle nižší než 0,001 %. Koncentrace vyšší než 1 % v atmosféře je dostačující k tomu, aby způsobila vážnou intoxikaci (Antonio 2013, str. 376). V inspirovaném vzduchu již dvě procenta oxidu uhelnatého mohou transformovat 60 % hemoglobinu na karboxylhemoglobin do dvou minut. Hodnota 60 % COHb je obvykle považována za letální dávku (Yan 2019, str. 2).

Zároveň má oxid uhelnatý svojí nenápadnou toxicitou potenciál způsobit hromadné neštěstí (Pasquier 2017, str. 373). Kvůli mechanismu vzniku intoxikace CO je také potřeba myslet na možnou intoxikaci kyanidy při inhalaci kouře (O'Driscoll 2017, str. 38).

Inhalační zranění je nezávislým indikátorem zvýšené mortality a pro delší pobyt na jednotce intenzivní péče. Pacienti vystavení pouze oxidu uhelnatému mají nižší mortalitu než pacienti s potvrzenou inhalací kouře. Dle meta-analýzy kterou uvádí Stevens, je celková mortalita u popálených pacientů 13,9 %, mortalita u pacientů s inhalačním traumatem je 27,6 % (Stevens 2015, str. 2). Inhalační trauma s sebou nese značné riziko otravy oxidem uhelnatým v důsledku neúplného spalování uhlíkatých materiálů při požáru. Bez detektoru oxidu uhelnatého je tento plyn těžké zaznamenat, protože je bezbarvý a bez zápachu (Newell 2020, str. 6). Oběti požáru jsou spojovány s vyšší mortalitou a mohou vzniknout trvalé neurologické postižení a myokardiální poranění (Yan 2019, str. 2). Během požáru koncentrace kyslíku se typicky sníží na 10–15 % v atmosféře, dochází tak ke smrti z asfyxie. Mezi 60 % až 80 % náhlých úmrtí na místě požáru je spojováno s inhalací kouře (Antonio 2013, str. 374). Oběti požáru jsou komplikovaní pacienti, kteří mohou mít četné poranění, způsobující výrazné morbiditu a mortality. Inhalace kouře může způsobit systémovou intoxikaci organismu z kombinované intoxikace oxidem uhelnatým a kyanidu. Oba tyto toxiny mohou způsobit závažné zdravotní obtíže či smrt, pokud se včas nerozeznají (Stevens 2015, str. 1).

2.1. Zhodnocení a diagnostika intoxikovaných pacientů v přednemocniční péči

Při intoxikaci oxidem uhelnatým Hernetig doporučuje po zamezení dalšího působení škodlivé noxy začít s vyšetřením ABC. Vyšetření ABC se zaměřuje na kardiopulmonální stav pacienta. Písmenu A patří průchodnost dýchací cesty (airway). Písmenu B charakteristika dýchání (breathing). Do písmene C spadá zhodnocení krevního oběhu (circulation) (Hernetig 2019, str. 1647).

Diagnóza intoxikace CO se zakládá na potvrzení vystavení se oxidu uhelnatému a na důsledném fyzikálním vyšetření (Antonio 2013, str. 377). Intoxikace vzniká při inhalaci oxidu uhelnatého ve vzduchu. Jung udává, že nízké množství inhalovaného oxidu uhelnatého může způsobit závažnou hypoxii a zranění tkání (Jung 2018, str. 823). Huzar uvádí, že největší problém při diagnóze otravy CO je, že intoxikace nemá přesně specifické znaky či symptomy. Přesná diagnóza často vyžaduje vysoké podezření s kombinací anamnézy prostředí, fyzikálního vyšetření a laboratorních dat. Prostor, ve kterém byl pacient nalezen, může zvýšit podezření na intoxikaci CO. Lidé mohou být vystaveni oxidu uhelnatému doma, při venkovních aktivitách a v práci (Huzar 2014, str.161). Pacienti mají nespecifické příznaky jako je bolest hlavy, malátnost, nevolnost, astenie, nauzea, zvracení, příznaky podobné chřipce, přechodné změny vědomí, změněný duševní stav, bolest na hrudi, palpitace a dyspnoe (Liao 2018, str.2). Huzar dále zmiňuje, že se chvíli po vystavení oxidu uhelnatému objevují subjektivní příznaky jako lehká bolest hlavy, slabost, únava a závratě. Jako úplně první symptom uvádí bolest hlavy (Huzar 2014, str. 161). Ng se shoduje v příznacích intoxikace CO s Huzarem, dále přidává, že pacienti mohou mít bledou kůži, nebo třešňově červené zbarvení (Ng 2018, str. 224). Huzar dále zmiňuje, že červené zbarvení kůže se většinou vyskytuje při hodnotách COHb nad 50 %. Sytě červeně zbarvené rty lze obvykle nalézt posmrtně (Huzar 2014, str. 161). Ng dále doplňuje slabost a neurologické nálezy jako sníženou soustředěnost, poruchy paměti, emoční změny, problémy s chůzí a poruchy pohybu. Shodují se na tom, že jsou to příznaky nespecifické a mohou se lehce zaměnit s jinou nemocí (Ng 2018, str. 224). Jako život ohrožující stav se může vyvinout kardiální arytmie, křečové stavy či koma (Liao 2018, str. 2). Yan udává, že přesná klinická diagnóza intoxikace oxidem uhelnatým je nejasná, protože má široké spektrum příznaků. Dále zmiňuje, že třešňově červené zbarvení kůže popisované v učebnicích je zřídka viděno v reálných klinických situacích. Může se stát, že se mírný průběh otravy zamění s psychiatrickými syndromy (Yan 2019, str. 2). Stevens udává, že klíčem k potvrzení diagnózy otravy oxidem uhelnatým je mít vysoké podezření na intoxikaci CO a důkladně posuzovat nespecifické symptomy a anamnézy i ostatních lidí v místnosti či budově a okolnosti

obklopující místo události (Stevens 2015, str. 3). Dle Hájka je klinický obraz závislý na koncentraci CO ve vdechované směsi, délce expozice, alveolární ventilaci a tělesné aktivitě. Vznikají neurologické příznaky, jako je především extrapyramidová a poté pyramidová symptomatologie. Hájek jako jediný rozděluje otravy na I. – IV. stupeň v závislosti klinických příznaků. Ve standardu využívá „Ostravskou klasifikaci“ (Tab. č. 1), která znázorňuje závažnost intoxikace (Hájek 2009, str. 3).

O'Driscoll udává, že ke stanovení stupně intoxikace oxidem uhelnatým musí být změřeny hodnoty COHb (O'Driscoll 2017, str. 42). Dle Huzara se závažnost příznaků zvyšuje při zvýšení obsahu karboxylhemoglobinu v krvi. Obsah COHb v krvi nad 20 % je spojováno s nauzeou, zvracením, alterovaným vědomím a synkopou. Pokud je koncentrace karboxylhemoglobinu nad 50 %, pacient se stává komatózním, objevují se záchvaty křečí a kardiovaskulární selhání, v případě že není pacient přesunut z místa zamořeného oxidem uhelnatým, tak může zemřít (Huzar 2014, str. 161). Lipový udává, že hodnoty COHb nad 50 % mají nepříznivou prognózu (Lipový 2011, str. 55). Newell dodává, že koncentrace přesahující 30 % na místě zásahu často značí o vážné otravě oxidem uhelnatým (Newell 2020, str. 6). COHb v krvi nad 2 % může být abnormální. U kuřáků je fyziologická hodnota COHb zvýšená v závislosti na kouření. Ng zmiňuje, že koncentrace 5–8 % je běžná u běžných kuřáků, ale byly popsány i případy s koncentrací do 15 % bez známek akutní intoxikace oxidem uhelnatým. Produkty jiné než tradiční cigarety, jako jsou vodní dýmky, cigarety bez filtru, zahraniční cigarety, mohou mít větší potenciál ke zvýšení hodnot COHb (Ng 2018, str.225). Newell ve své studii uvádí, že v případě intoxikace oxidem uhelnatým je potřeba změřit hodnoty COHb a nespokojit se s vysokými hodnotami saturace krve kyslíkem (SpO₂). Newell uvádí, že hodnoty do 5 % COHb jsou u nekuřáků fyziologické, u kuřáků hodnoty vyšší než 10 % jsou neuspokojivé (Newell 2020, str. 6). Symptomy a hodnoty COHb, které udává Huzar jsou: pod 10 % COHb nejsou žádné symptomy, mezi 10-20 % bolest v přední části hlavy, 20–30 % pulzující bolest hlavy a námahová dušnost, 30–40 % nevolnost, zvracení, závratě, poruchy zraku, únava a zhoršené vědomí, 40–50 % zmatenost a synkopa, 50–60 % koma a záchvaty, 60–70 % hypotenze a respirační selhání, nad 70 % je již smrt. (Huzar 2014, str. 162). Závažnost symptomů více koreluje s dobou vystavení než s hodnotami COHb. Tyto hodnoty mohou být nízké nebo nedetekovatelné v závislosti na uplynulé době vystavení se oxidu uhelnatému a měření. Hodnoty COHb nad 10–15 % jsou považovány za CO intoxikaci. Po potvrzení CO intoxikace je doporučováno využití elektrokardiografického vyšetření (EKG). V případě, že jsou zaznamenány nějaké elektrokardiografické změny a příznaky napovídají myokardiální

ischemii, je vyžadováno detailnější vyšetření s využitím kardiálních biomarkerů (Antonio 2013, str. 377). Hodnoty COHb v čase příjezdu na urgentní příjem mohou být důležitým prognostickým faktorem pro předpovězení výsledku přednemocničního kardiálního selhání. Kardiopulmonální zástava indukuje přímý ischemický infarkt. Ischemicko-reperfuzní poranění vzniká v těle pacienta po dosažení návratu spontánní cirkulace. Endogenní a exogenní oxid uhelnatý může zlepšit ischemicko-reperfuzní poranění v několika orgánech. Nižší hodnoty COHb od 2 % do 6 % snižují pracovní kapacitu a indukují ischemické změny v ST segmentu a arytmie (Yanagawa 2012, str. 339).

Přesnost saturační oxymetrie je v případě přítomnosti oxidu uhelnatého nespolehlivá. Karbonylhemoglobin má podobnou absorpci světla jako oxyhemoglobin, a proto pacienti mají falešně naměřené fyziologické hodnoty saturace krve kyslíkem (O'Driscoll 2017, str. 35). Měření saturace krve kyslíkem nijak nepotvrzuje intoxikaci CO. Fyziologické hodnoty parciálního arteriálního tlaku kyslíku (PaO_2) nevyklučují možnost intoxikace CO. Pro správné potvrzení diagnózy se využívají CO – oxymetry, které mají možnost měřit hodnoty karbonylhemoglobinu. Yan uvádí příklady CO – oxymetrů RAD-57 Oximeter nebo Masimo (Yan 2019, str.2). Hodnoty COHb nad 2 % již mohou falešně zvyšovat hodnoty SpO_2 . Kuřáci hned po vykouření jedné cigarety mohou mít hodnoty COHb zvýšené až na 15 % (O'Driscoll 2017, str. 35). Stevens říká, že měření hodnot COHb je obecně považováno za zlatý standard pro diagnostiku otravy CO. Dále ve své studii udává, že využití CO – oxymetrie je diskutabilní. Dle Stevense některé studie ukazují, že CO – oxymetrie je vysoce spolehlivý ukazatelem hodnot COHb. Na druhou stranu také udává, že existují studie, které ukazují vysokou míru falešně zvýšených hodnot. Stevens dochází ve své studii k závěru, že CO – oxymetrie je užitečný nástroj k rychlému screeningu suspektní CO intoxikace, ale diagnostika musí být dále potvrzena laboratorní analýzou (Stevens 2015, str. 4). Masters uvádí za zlatý standard diagnostiky intoxikace oxidem uhelnatým krevní rozbor, ten je ale v přednemocniční péči neproveditelný při nepřítomnosti přenosné laboratoře. Masters považuje CO – oxymetrii za potenciální a levnější náhradu pro rychlý screening hodnot COHb (Master 2019, str. 507).

Určitá populace lidí je více senzitivní na oxid uhelnatý a může u ní dojít k orgánové ischemii či smrti při nižší saturaci karbonylhemoglobinem. Do této skupiny patří pacienti s chronickou obstrukční plicní nemocí a s ischemickou chorobou srdeční (Huzar 2014, str. 161).

Oxid uhelnatý je také nejčastěji používaný plyn k suicidálním pokusům na světě. Ve východní Asii jako zdroj oxidu uhelnatého využívají hoření dřevěného uhlí. V USA je vyšší

využití automobilů v uzavřených garážích pro suicidální pokusy. Retrospektivní observační studie v Japonsku zahrnuje 324 pacientů, kteří využili plyn ke spáchání sebevraždy. Na místě události jich zemřelo 137. Nejčastějším plynem je oxid uhelnatý v 54,9 %, následuje sulfan ve 12,7 %, helium 6,5 % a městské výpary z 2,9 %. V autě se pomocí oxidu uhelnatého otrávil 33,7 % pacientů. (Katayama 2020, str. 3–4).

Při odebrání anamnézy a prvotním fyzikálním vyšetření může vzniknout podezření na intoxikaci oxidem uhelnatým. Prostředí může pomoci v přednemocniční péči při diferenciální diagnostice. Pokud je pacient v blízkosti ohně, či v uzavřených prostorách s tepelným zařízením a má nespecifické příznaky, vzniká podezření na intoxikaci CO. Dále se zvyšuje podezření na intoxikaci CO, pokud mají lidé a domácí mazlíčci ve společné domácnosti podobné či horší nespecifické příznaky (Ng 2018, str. 225). Legislativa vyžadující CO detektory v určitých oblastech, snižuje incidenci výrazného environmentálního vystavení se oxidu uhelnatému. V případě již probíhající intoxikace je spuštěný detektor oxidu uhelnatého významnou pomůckou během diferenciální diagnostiky (Masters 2019, str. 507). Incidence intoxikace CO je vyšší v zimních měsících kvůli vadným tepelným zařízením či nevhodným využitím vařících spotřebičů k zahřátí uzavřených prostor (Stevens 2015, str. 2). Incidence se zvyšuje i při přírodních pohromách, kdy výpadek elektřiny zapříčiní nevhodné využití generátorů ve špatně ventilovaných místnostech (Saulnier 2017, str. 576). Staré automobily a některé elektrické zařízení v uzavřené místnosti mohou produkovat oxid uhelnatý. Intoxikace oxidem uhelnatým se zvažuje i při kouření vodní dýmky (Stevens 2015, str. 2).

V případě diferenciální diagnostiky se běžná chřipka podobá intoxikaci CO nespecifickými příznaky jako jsou bolest hlavy, nevolnost a slabost. Rozlišit se dá za použití specifického testování na chřipku nebo využitím CO – oxymetrie. Narozdíl od chřipky, pacient netrpí rinoreou či kašlem. Další záměnou může být absces, encefalitida či meningitida. Intoxikace oxidem uhelnatým se může zaměnit i s některými vaskulárními patologiemi. Endokrinní onemocnění jako je hypoglykemie nebo diabetická ketoacidóza mohou mít podobné příznaky. U těhotných žen se intoxikace CO může zaměnit s posteriorním reversibilním encephalopatickým syndromem a eklampsií. Při onemocnění hemoglobinu jako je sulfhemoglobinemie či methenoglobinemie mohou vznikat stejné nespecifické příznaky. Diagnóza intoxikace oxidu uhelnatého se potvrzuje zvýšenou COHb koncentrací naměřenou CO – oxymetrem (Ng 2018, str.225). Masters zmiňuje, že v USA jsou dvě běžné metody, jak detekovat COHb u intoxikovaných pacientů. Jedna je rozborem krevních plynů a druhá je pomocí CO – oxymetrie na prstu ruky. Krevní rozbor je nejstarší metoda, ale vyžaduje

vybavenou laboratoř k provedení testů (Masters 2019, str. 225). Hájek zmiňuje, že orientační stanovení hodnot COHb se dá hodnotit ve výdechu. Jedná se o jednoduchou a levnou orientační metodu, která se udává v jednotkách ppm (parts per million). Padesát ppm odpovídá 6 % COHb, osmdesát ppm hladině 10 % COHb (Hájek 2009, str. 4).

Oxid uhelnatý způsobuje závažné poranění orgánů, závislých na vysokých hodnotách kyslíku v krvi, jako je srdce, mozek a ledviny (Akšit 2019, str 678). V mitochondriích se oxid uhelnatý váže na cytochrom oxidázu, čímž interferuje buněčné dýchání. Jsou zaznamenány neurologické symptomy, vazodilatace cév, snížení kardiálního výdeje a případný akutní koronární syndrom. U obětí intoxikace oxidem uhelnatým jsou viditelné časté změny na EKG a zvýšené biomarkery v krvi. Yan udává, že je potřeba posoudit vždy celou situaci (Yan 2019, str. 2). V přednemocniční péči by další vyšetření mělo zahrnovat elektrokardiografické vyšetření pro zjištění případných arytmií. Následné vyšetření troponinu a kreatin kinázy se provádí v nemocnici pro potvrzení či vyloučení srdeční ischemie či rhabdomyolizy. Je vhodné využití těhotenského testu u žen s intoxikací oxidem uhelnatým, protože pozitivní výsledek mění terapeutické postupy. (Ng 2018, str. 225).

Akšit zmiňuje případ, kdy pacient intoxikovaný oxidem uhelnatým měl při měření EKG zvýšený ST segment o 11 mm ve svodech II, III a aVF. Kontrolní EKG po deseti minutách nevykazovalo žádné patologie. Následné laboratorní hodnoty v nemocnici ukázali vysoce zvýšené hodnoty troponinu, aspartate aminotransferazi a kreatininu. Druhý den se hodnoty troponinu zvýšili desetkrát a pacient byl indikovaný pro koronární angiografii, která objevila trombus v pravé koronární arterii, který zužoval arterii o 60 % (Akšit 2019, str. 678). Na druhou stranu Roth ve své případové studii zmiňuje případ, kdy výrazné změny na EKG přesvědčili posádku zdravotnické záchranné služby o tom, že se jedná o akutní infarkt myokardu, ale ve skutečnosti se jednalo o intoxikaci oxidem uhelnatým a kvůli absenci detektoru CO v atmosféře se intoxikovala oxidem uhelnatým celá posádka (Roth 2013, str.560).

Oxid uhelnatý kvůli své nenápadné toxicitě má potenciál způsobit hromadné neštěstí. Pasquier zmiňuje, že existuje mnoho případů, kdy vnitřní spalování hořlavého materiálu způsobilo intoxikaci u více osob. Hromadná intoxikace může vést k závažným obtížím na místě události a v nemocnicích. Ty zahrnují problémy s komunikací mezi personálem, nedostatečným množstvím lidské a materiální síly, především nedostatek kyslíkových bomb na místě události a málo prostoru k ošetření velkého množství osob (Pasquier 2017, str. 373). V případě požáru v uzavřených či stísněných prostorách nepředstavuje pro záchranáře oxid uhelnatý hrozbu, pokud používají dýchací zařízení (Holgerson 2020, str. 7).

Pomocí triáže mají záchranáři možnost rozdělit pacienty do skupin podle závažnosti jejich stavu a transportovat tak nejzávažnější případy co nejrychleji do cílové nemocnice. Standardní triáž algoritmy jsou především určeny pro trauma pacienty, ovšem v případě hromadné intoxikace oxidem uhelnatým je zapotřebí využít jiného přístupu. Při intoxikaci CO hrozí nebezpečí v respiračním a neurologickém systému. Dle Pasquiera neexistují žádné standardizované triáž algoritmy či postupy v případě hromadného neštěstí CO intoxikací (Pasquier 2017, str. 373).

Případová studie popisuje vážný incident zahrnující 61 pacientů, kteří se otrávil oxidem uhelnatým ve sklepě na grilovacím večírku. Budova se nacházela v blízkosti dvou fakultních nemocnic s dojezdem do deseti minut. Primárním cílem této studie je popsat případ hromadné intoxikace oxidem uhelnatým, popsat využitý triáž systém a analyzovat tok pacientů. Data jsou převzata z medicínských článků, nemocniční dokumentace, z dokumentace zdravotnické záchranné služby a z operačního centra. Data zahrnují věk, pohlaví, počet a typ symptomů, těhotenství, komorbidity zahrnující kouření a hodnoty COHb. V přednemocniční péči byly hodnoty COHb naměřeny pomocí CO – oxymetrie a v jednotkách ve vydechovaném vzduchu. V nemocnici se hodnoty COHb získaly pomocí měření plynů v arteriální krvi. Každý převoz pacienta do zařízení s hyperbarickou komorou byl zaznamenán. Dále byly zaznamenány časy přijetí a přesunutí na místě nehody a propuštění v nemocnici (Pasquier 2017, str 373).

Na místo nehody dispečink vyslal tři posádky. Pacienty přesunuli do blízké hasičské stanice, která sloužila jako triážní místo. Protože neexistují žádné doporučené postupy v případě hromadného neštěstí při intoxikaci oxidem uhelnatým, musela třídící skupina (v tomto případě lékař) vytvořit improvizovanou triáž. Pacienti byli rozděleni do skupin ABCD. Do skupiny A patřili všichni, kteří prodělali synkopy, měli přechodnou změnu vědomí a těhotné ženy. Tato skupina byla akutně převezena do blízké nemocnice k transportu do zařízení s hyperbarickou komorou. Ve skupině B byli pacienti s příznaky intoxikace a zvýšenou COHb hodnotou. Ti byli transportováni do nemocnice. Do skupiny C patřili pacienti bez symptomů intoxikace CO, ale měli zvýšenou hodnotu COHb. Ti byli léčeni kyslíkem ve třídícím stanovišti. Ve skupině D byli pacienti asymptomatictí bez zvýšené hodnoty COHb, kteří byli brzy propuštěni z místa události. Případová studie ukazuje, že ve skupině A byli pacienti 4, ve skupině B 23, ve skupině C 28 a ve skupině D 6 (Pasquier 2017, str.375).

Případová studie v Rakousku poukazuje na nebezpečnost oxidu uhelnatého a doporučuje mít dostupné detektory oxidu uhelnatého na místě události. Případ předkládá

nespecifické objektivní příznaky intoxikace oxidem uhelnatým. V tomto případě se CO nakazilo dalších 11 zdravotníků na místě události (Roth 2013, str. 560).

Zpožděný neuropsychiatrický syndrom se může objevit dny či týdny po prvním kompletním uzdravení po akutní intoxikaci oxidem uhelnatým. Mechanismus, který způsobuje DNS není zcela jasný, ale dle Liaa může zahrnovat progresivní zánět (Liao 2018, str. 2). Huzar udává, že se neuropsychiatrický syndrom objeví až u 50 % pacientů, kteří mají hodnoty COHb větší než 10 % (Huzar 2014, str. 161). Dle Antonia hodnoty COHb nepredikují stupeň DNS (Antonio 2013, str. 377). Změna chování u nich může trvat po dobu tří týdnů. Nástup DNS může přijít nenápadně ve změnách osobnosti, chování či kognitivních schopností nebo může být více znatelný při vzniku demence, psychózy, inkontinence, parkinsonismu, pohybových onemocněních či v poruchách chůze. Navzdory závažnosti DNS je pravděpodobnost vyléčení relativně dobrá. Ve studiích, které Huzar uvádí, je 50–70 % pacientů s pozdní encefalopatií schopno se vyléčit za jeden rok. Někteří pacienti mají ale výpadky paměti (Huzar 2014, str. 161). Dlouhodobé neurologické následky se liší v deficitu a intenzitě. Nejčastějšími příznaky jsou dezorientace, poruchy paměti, poruchy pozornosti, parkinsonismus, ataxie, močová inkontinence, porucha chůze. Jako pozdní encefalopatie je stav, kdy se pacientův zlepšující stav najednou zhorší (Stevens 2015, str. 3). Na druhou stranu Wattova meta – analýza ukazuje, že neuropsychiatrické schopnosti pacientů intoxikovaných oxidem uhelnatým se obecně časem zlepšují (Watt 2017, str. 413). Antonio zmiňuje, že známky akutního cerebrálního poranění nevykazuje mnoho intoxikovaných pacientů. Huzar se shoduje s Antoniem, že DNS může vzniknout během 3 až 240 dní po vystavení se toxinu. Antonio uvádí odhadovanou incidenci zpožděného neuropsychiatrického syndromu 10–30 % u pacientů po akutní intoxikaci oxidem uhelnatým. Dále udává, že kognitivní změny, změny osobnosti, parkinsonismus, apraxie, inkontinence, demence a psychózy se objevují a mohou trvat rok a déle. V nemocniční fázi je dále potřeba zajistit CT vyšetření hlavy a vyšetření magnetickou rezonancí (Antonio 2013, str. 377). Ve 25–50 % případů při ztrátě vědomí nebo s COHb hodnotami vyšší než 25 % mohou kognitivní následky trvat i přes jeden měsíc. Psychiatrické změny zahrnující anxieta, deprese, obsesivně kompulzivní chování, iluze a halucinace mohou vzniknout po intoxikaci CO (Watt 2017, str. 406).

2.2. Terapeutické zajištění intoxikovaných pacientů v přednemocniční péči

Iniciální léčba intoxikace oxidem uhelnatým začíná již na místě události. Všichni dohledaní autoři se shodují na tom, že nejdůležitější je zamezit dalšímu působení škodlivé noxy přesunutím pacienta mimo oblast zamořenou oxidem uhelnatým. Shodují se i na tom, že je důležité dbát na bezpečnost záchránců. Pouze Holgersson udává, že záchráncům nehrozí nebezpečí intoxikace CO, pokud využívají dýchací přístroje (Holgersson 2020, str. 7).

Po rychlém ABC vyšetření by měla následovat intenzivní oxygenoterapie 100% normobarickým kyslíkem (Hernetig 2019, str. 1647). Cottey doporučuje co nejrychlejší O₂ terapii i přes vysoké hodnoty SpO₂ (Cottey 2018, str. 418). Newell také doporučuje 100% kyslíkovou terapii a dále i observaci kardiovaskulární nestability a změn vědomí. Pacienti se synkopou, záchvatem, ischemickou změnou na EKG, komatózní pacienti, či těhotné mohou profitovat z hyperbarické terapie. Nesmějí mít ale značné popáleniny, poté je hyperbarická oxygenoterapie (HBO) kontraindikovaná (Newell 2020, str.6). Huzar zmiňuje, že by léčba měla pokračovat i po změření hodnot COHb. Ukončovat by se měla až po snížení hodnot COHb na fyziologickou hodnotu a po odeznění příznaků v nemocnici (Huzar 2014, str. 163). Pacienti intoxikovaní oxidem uhelnatým mohou mít normální hodnoty PaO₂, ale oxid uhelnatý výrazně snižuje hodnoty kyslíku vázaného na hemoglobin. Kvůli tomu se nedá spolehnout na klasickou pulzní oxymetrii, která ukazuje falešné fyziologické hodnoty, proto je důležité se zaměřit na 100% saturaci kyslíkem a použít kyslíkovou masku s rezervoárem se saturací kyslíku 100 % s průtokem 15 litrů za minutu. Hyperoxemie je v tomto případě benefitující (O'Driscoll, str. 42). Hodroge a spol se ve svých doporučených postupech založených za důkazech pro přednemocniční péči u pacientů s respiračním onemocněním shodli na tom, že není vhodné při intoxikaci oxidem uhelnatým titrovat dávku kyslíku (Hodroge 2020, str.855). Léčba intoxikace oxidem uhelnatým se zakládá na dodávce O₂, ventilační podpoře a monitorování srdce. Kyslík je důležitým faktorem při zvyšování výměny plynů, při snižování efektu hypoxické inhalace CO a disociace CO z krve. Pacienti s CO intoxikací by měli dostat O₂ terapii s vysokou koncentrací po dobu šesti až dvanácti hodin (Antonio 2013, str. 377). Cílem léčby je odstranění oxidu uhelnatého z hemoglobinu, zrychlení plicní eliminace a zvýšení transportní kapacity kyslíku v krvi (Yan 2019, str. 2). U léčby intoxikace oxidem uhelnatým je fundamentální co nejrychlejší start léčby v závislosti na akutním stavu pacienta (Martani 2019, str. 921). Většina pacientů se může vyšetřit a léčit ambulantně. Hospitalizovat by se měli pacienti s vážnou intoxikací, vážnými komorbiditami a přidruženými zraněními (Antonio 2013, str. 377).

O'Driscoll se ke kyslíkové terapii vyjadřuje, že je definována jako administrace kyslíku v koncentraci vyšší, než je v okolním vzduchu. Obvykle se provádí jako prevence hypoxémie a tkáňové hypoxie, která může vést k poranění tkání nebo i buněčné smrti (O'Driscoll 2017, str. 31). Kyslíkovou terapii lze podávat přes nasální kanylu nebo obličejovou masku. Těsnící obličejová maska s rezervoárem je užitečná v normobarickém prostředí, ale nejefektivnější metodou při CO intoxikaci se považuje využití hyperbarické kyslíkové terapie. Hyperbarická oxygenoterapie potřebuje speciální vybavení, které není v mnoha nemocničních zařízeních, proto je potřeba najít alternativní léčebné modalitty, které se mohou využít v jiných centrech než v těch s hyperbarickou komorou. Kontinuální pozitivní přetlak v dýchacích cestách (CPAP) se využívá často při vážných respiračních potížích jako je pulmonální edém. Je efektivní metodou pro zvýšení tkáňové oxygenace. Idil uvádí, že by CPAP mohl být užitečnou léčebnou alternativou v případě intoxikace oxidem uhelnatým (Idil 2019, str. 454). Zdravotníci a lékaři musí akceptovat to, že podpurný kyslík je dáván pro zlepšení oxygenace, ale neléčí základní onemocnění, které hypoxémii způsobilo. Toto onemocnění musí být co nejrychleji diagnostikováno a léčeno (O'Driscoll 2017, str. 31). Na druhou stranu Stevens udává, že pro intoxikaci oxidem uhelnatým je jediné antidotum kyslík. Kyslík ve velké dávce kompetitivně nahrazuje oxid uhelnatý z hemoglobinu (Stevens 2015, str. 5). Důvodem iniciální časně oxygenace v terénu je ten, že kyslík snižuje poločas rozpadu COHb tím, že kyslík soupeří s oxidem uhelnatým o volné místa v molekulách hemoglobinu a snižuje hypoxii zlepšením tkáňové oxygenace (Huzar 2014, str. 162).

V případech jako je intoxikace oxidem uhelnatým, otrava kyanidem či klasterová bolest hlavy se využívá kyslíková terapie s cílem dosáhnout hyperoxemie. Na úrovni tkání potřebuje mitochondriální aktivita kyslík pro aerobní adenosintrifosfát (ATP) syntézu pro buněčnou aktivitu. PaO_2 suchého vzduchu na úrovni moře je tlak 21,2 kPa (159 mmHg), rozmezí PaO_2 v mitochondriích je od 0,5 – 3,0 kPa (4–22 mmHg) v závislosti na typu tkáně a lokální metabolické aktivitu. Tento gradient z atmosféry do mitochondriích je znám jako oxygenační kaskáda. V kaskádě je mnoho faktorů, které ovlivňují finální mitochondriální PaO_2 . Zahrnuje to alveolární přeměnu plynů, transport kyslíku v krvi a tkáňovou perfusi. V případě nějaké patologie může jakákoliv změna v jediném kroku této kaskády způsobit hypoxémii na mitochondriální úrovni. Proto je zvýšení inspirační koncentrace kyslíku (FiO_2) kyslíkovou terapií nejlehčí a nejrychlejší cestou, jak se vyhnout hypoxickému tkáňovému poranění u pacientů s hypoxémií. K optimalizaci PaO_2 O'Driscoll přidává ještě udržování dostatečně

průchozích dýchacích cest a zajištění adekvátní alveolární ventilace (O'Driscoll 2017, str. 26–31).

Při dýchání pokojového vzduchu proces kompetitivní náhrady oxyhemoglobinu za karboxylhemoglobin trvá přibližně 300 minut (Stevens 2015, str. 5). Antonio zmiňuje, že u mladých a zdravých dobrovolníků je poločas rozpadu COHb v průměru 320 minut. Při administraci 100 % kyslíku při atmosférickém tlaku 1 se snižuje poločas rozpadu COHb na 80,3 minut. Administrace kyslíku při atmosférickém tlaku 3 se snižuje poločas rozpadu COHb na 23,3 minut (Antonio 2013, str. 377). O'Driscoll udává, že při dýchání pokojového vzduchu je poločas rozpadu COHb okolo 300 minut. Při dýchání vysoko průtokového kyslíku s těsnící dýchací maskou s rezervoárem se poločas snižuje na 90 minut. Dále zmiňuje, že by komatózní pacienti a pacienti s výraznou mentální změnou měli být intubováni a ventilováni 100% kyslíkem (O'Driscoll 2017, str. 42). Huzar poločas rozpadu CO udává od 240 minut do 300 minut v prostředí s atmosférickým vzduchem. Při léčbě 100% normobarickým kyslíkem se poločas rozpadu snižuje až na 60 minut. Dále Huzar doporučuje akutní transport pacientů na oddělení urgentního příjmu pro zjištění stavu COHb (Huzar 2014, str. 162).

Lipový udává, že prognóza pacientů je závislá na koncentraci COHb a rychlosti s jakou je poskytnuta adekvátní péče. Dále doporučuje při koncentracích 10–15 % COHb intubaci pacienta a zahájení umělé plicní ventilace (UPV) s FiO_2 1,0. Při přesažení koncentrace 25 % je indikovaná hyperbarická komora (Lipový 2011, str. 55). Dle Harbina je klinický obraz intoxikace CO variabilní, ale závažnost symptomů většinou koreluje s naměřenými hodnotami COHb. Hodnoty vyšší jak 30 % vyžadují vysokou koncentraci inspirovaného kyslíku k rychlému snížení poločasu rozpadu COHb. Eliminace COHb je více závislá na tlaku alveolárního kyslíku než na alveolární ventilaci (Harbin 2012, str. 433). Hájek v diagnostickém a léčebném standardu České společnosti hyperbarické a letecké medicíny z roku 2009 pro léčbu otravy oxidem uhelnatým uvádí, že endotracheální intubace a umělá plicní ventilace s FiO_2 1,0 se má použít v případě poruchy vědomí kdy hodnota Glasgow Coma Scale (GCS) je pod 8. Při vyšších hodnotách GCS než 8 doporučuje použití kyslíkové masky s rezervoárem a vysokým průtokem O_2 až 15 l/min. Endotracheální intubace je doporučována k zabezpečení dýchacích cest (Hájek 2009, str. 5).

Huzar doporučuje intravenózní tekutinovou resuscitaci v případě, že pacient má nějaké respirační obtíže, výrazné změny vědomí, inhalační trauma nebo rozsáhlé popáleniny (Huzar 2013, str. 163–164).

Dle British Thoracic Society doporučených postupů od O'Driscolla je role hyperbarické komory kontroverzním tématem, neboť se jeho nalezené studie plně neshodují v závěru (O'Driscoll 2017, str. 42). Při dýchání okolního vzduchu při normálním tlaku je poločas rozpadu oxidu uhelnatého v krvi od čtyř do pěti hodin. Při inhalaci vysoko průtokového 100% kyslíku se doba zkracuje na jednu až jednu a půl hodiny. Při využití hyperbarické oxygenoterapie při tlaku 2,8 baru se poločas rozpadu molekul oxidu uhelnatého snižuje na 15-30 minut (Yan 2019, str. 2).

Caglarova studie testuje využití neinvazivní ventilace kontinuálního pozitivního přetlaku v dýchacích cestách v případě intoxikace oxidem uhelnatým. Sedmdesát sedm pacientů je rozděleno na dvě skupiny. První skupina je léčena kyslíkem s frakcí 1.0 a objemem 15 l/min pomocí dýchací masky při pokojové teplotě po dobu nejméně 30 minut. Druhá skupina je léčena kyslíkem s frakcí 1.0 oronasální maskou s kontinuálním přetlakem v dýchacích cestách 12 cmH₂O neinvazivní mechanickou ventilací po dobu 30 minut. Hodnoty COHb jsou u obou skupin měřeny pulzní CO – oxymetrií na začátku léčby a poté po 30 minutách. Pacienti jsou dále dotazováni, zda nemají bolest hlavy, nauzeu, závratě a slabost. Průměrná vstupní hodnota COHb u první skupiny je 19 % s rozmezím od 12 % do 33 %. Po třiceti minutové léčbě vysoko průtokovým kyslíkem neprodyšnou maskou se průměrná hodnota COHb snižuje na 14 % s nejmenší hodnotou 6 % a s nejvyšší 26 %. U druhé skupiny je vstupní hodnota COHb 22 % s rozmezím od 13 % do 34 %. Po třicetiminutové léčbě oronasální neinvazivní CPAP ventilací je průměrná hodnota COHb 9 % s minimální hodnotou 5 % a nejvyšší 14 %.

Caglar zmiňuje, že administrace kyslíku se zvýšeným tlakem v uzavřené masce může mít klaustrofobický efekt, pacienti si mohou stěžovat na pocit tonutí a nauzei. Studie ukazuje, že CPAP ventilace mění COHb jednou tak rychleji než terapie normobarickým kyslíkem na 15 litrech za minutu. Dále Caglar tvrdí, že CPAP ventilace má téměř podobný efekt jako hyperbarická komora v případě poločasu rozpadu COHb (Caglar 2019, str. 590–591). Neinvazivní CPAP ventilace poskytuje rychlou tkáňovou oxygenaci a může být aplikována v mnoha centrech na rozdíl od hyperbarické oxygenoterapie. Neinvazivní CPAP ventilace zvyšuje FiO₂ na 100 % v porovnání s obličejovou maskou s rezervoárem. Zároveň zvyšuje difuzní prostor a výměnu plynů v plicích prevencí alveolárního kolapsu. CPAP ventilace je dostupnější než hyperbarická oxygenační terapie a může být efektivnější než kyslíková maska s rezervoárem v léčbě intoxikace oxidem uhelnatým.

Idil rozebírá jednu případovou studii, kdy se intoxikoval oxidem uhelnatým starší manželský pár. Žena byla s hodnotou COHb 24 % léčena vysoko průtokovým kyslíkem. Muž

s hodnotou COHb 26 % byl zvažován pro hyperbarickou terapii, ale kvůli nepříznivé vzdálenosti se rozhodlo pro využití CPAP ventilace. COHb hodnoty se u muže snižují pod 5 % během dvou hodin. U ženy se hodnoty COHb snižují pod 5 % až po pěti hodinách. Ke konci dne byli pacienti propuštěni z nemocnice po provedení potřebných testů (Idil 2019, str. 455.)

Hyperbarická komora je definována jako dýchání 100 % kyslíku při zvýšeném atmosférickém tlaku, který je aplikován v komoře stlačené na dvě až tři atmosféry pod mořem. Výhoda HBO je zvýšení kyslíku v krvi nad fyziologické hodnoty, tím se zvýší rychlost poločasu rozpadu uhelnatého na 20 minut. Dalšími benefity HBO terapie zahrnují prevenci proti lipidové peroxidaci v mozku, zachování hodnot ATP v orgánech vystavených oxidu uhelnatému, a pravděpodobná prevence proti rozvoji zpožděných neuropsychiatrických komplikací. Pro využití hyperbarické komory je potřeba využití speciálního centra. U HBO se může vyskytnout i řada nežádoucích účinků. Využití hyperbarické komory může způsobit barotrauma, rupturu tympanické membrány, zvýšenou úzkost, plicní edém a krvácení, tenzní pneumotorax, nemoc z dekomprese, nitrogenní embolie a křeče. Dále se hyperbarická komora nevyužívá u pacientů s rozsáhlými popáleninami s přítomným popáleninovým šokem, který vyžaduje popáleninovou resuscitaci (Huzar 2014, str. 163). Hyperbarická komora je absolutně kontraindikována u pacientů s neléčeným pneumotoraxem, při léčbě bleomycinem, cisplatinem, doxorubicinem, disulfiranem či sulfamylonem. Dále je kontraindikovaná pokud je pacient oběhově nestabilní (Stevens 2015, str. 5). Oxid uhelnatý vázaný na hemoproteiny v tkáních má poločas rozpadu od 48 do 72 hodin při dýchání atmosférického vzduchu. Opakovaná hyperbarická oxygenace může snížit výskyt pozdních kognitivních změn po intoxikaci CO. Opakovanou HBO se rychleji obnoví aktivita cytochrome oxidázy v mozku. V případě intoxikace oxidem uhelnatým je indikací pro využití hyperbarické oxygenoterapie pacient v bezvědomí nebo pacient vykazující známky neurologického, kardiálního, respiračního nebo psychiatrického deficitu. Další indikací jsou těhotné ženy. Eliminace oxidu uhelnatého je ve fetální krvi pomalejší, proto jsou hladiny COHb plodu vyšší než hladiny COHb matky. Yan ale i přes to uvádí, že nejsou přesvědčivé důkazy o tom, že HBO doopravdy zlepší klinický stav po intoxikaci oxidem uhelnatým. Dále je třeba zvažovat menší dostupnost hyperbarických komor, které jsou připraveny ihned přijmout pacienta ve vážném stavu (Yan 2019, str. 3). Martani zmiňuje že časový úsek mezi prvním kontaktem s pacientem a HBO léčbou musí být co nejkratší a nazývá ho „Time-To-Chamber“. „Time-To-Chamber“ může být ovlivněn minimálně dvěma elementy. V případě přednemocniční péče se jedná o dobu, která je zapotřebí k transportu pacienta z místa události do nejbližší nemocnice s urgentním příjmem

nebo do zařízení s hyperbarickou komorou. V případě nemocnice se jedná o dobu, která je potřebná k potvrzení diagnózy intoxikace oxidem uhelnatým a transferováním pacienta do nemocnice s připravenou hyperbarickou komorou (Martani 2019, str. 921). Antonio doporučuje využít HBO v případě, že hodnoty COHb převyšují 25 %. Ideálně by HBO měla začít do 6 hodin po expozici. Neexistují žádné důkazy o tom, že by pacient benefitoval z HBO déle jak 12 hodin po expozici (Antonio 2013, str. 377).

Dle Yana je v Číně inhalace 100 % kyslíku široce akceptována jako efektivní léčba intoxikace oxidem uhelnatým. Použití hyperbarické kyslíkové terapie je zde považováno za velice žádoucí v případě otravy CO. Hyperbarická kyslíková terapie pomáhá pacientovi znovu nabýt vědomí a snížit přidružené následky anoxie. V Číně je cílem léčit pacienty v hyperbarické komoře co nejdříve je to možné v akutní fázi. Terapie obvykle trvá 60 minut za tlaku 2 až 2,5 baru. V závislosti na stavu pacienta se hyperbarická terapie může opakovat. HBO se obvykle používá, pokud je pacient stabilní a je v přítomnosti zkušeného doktora či kvalifikovaného nelékařského pracovníka. Retrospektivní studie v Číně udává velký pozitivní vliv hyperbarické kyslíkové terapie. Ukazuje signifikantní snížení rizika mortality (Yan 2019, str. 3). Stevens udává, že hyperbarická léčba je kontroverzním tématem, protože neexistuje globální konsensus, kdy je hyperbarická léčba vhodná a jaké protokoly by měly být použity. Undersea and Hyperbaric Medical Society doporučuje hyperbarickou kyslíkovou terapii pro pacienty s vážnou intoxikací oxidem uhelnatým manifestovanou přechodným či prolongovaným bezvědomím, abnormálními neurologickými příznaky, kardiovaskulární disfunkcí či vážnou acidózou, nebo u pacientů starších 36 let, kteří byli vystaveni CO po 24 hodin a více a jejich hodnota COHb je vyšší než 25 %. Stevens dále udává, že hyperbarický kyslík může snížit závažnost a incidenci dlouho trvajících neurologických následků (Stevens 2015, str. 5).

Martani zmiňuje vznik nového protokolu pro diagnózu a transport CO intoxikovaných pacientů v přednemocniční péči v provincii v Parmě. Podle retrospektivní kohortní analýzy v letech 2008–2010 bylo léčeno 76 pacientů v hyperbarickém centru ve Fidenze pro intoxikaci CO. Nebyl zaznamenán žádný primární transport z místa události do hyperbarického centra, všech 76 pacientů bylo transportováno sekundárně z jiného nemocničního zařízení. Studie ukazuje, že do třiceti minut nebyl žádný pacient léčen hyperbarickým kyslíkem od prvního kontaktu se zdravotníky, léčbu v hyperbarické komoře mělo 27 % pacientů až po čtyřech hodinách od prvního kontaktu se zdravotnickým personálem. V roce 2013 vzniká nový protokol zahrnující hyperbarické zařízení ve Fidenze a lokální zdravotnickou záchrannou službu. Tento protokol je aktivován v případě, že situace a příznaky nasvědčují intoxikaci CO, hodnoty COHb

jsou nad 3 % a je provedena konzultace s hyperbarickým centrem ve Fidenze. Díky tomuto protokolu jsou auta zdravotnické záchranné služby vybavena přenosným CO – oxymetrem Rad-57, který měří hodnoty COHb. Na základě konzultace s hyperbarickým centrem ve Fidenze jsou pacienti transportováni z kteréhokoliv místa v provincii přímo do hyperbarického zařízení ve Fidenze. Ve studii v letech 2014–2017 je zahrnuto 54 pacientů, primárně transportováno do hyperbarického centra je 23. Provedená HBO terapie do 30 minut je zvýšena o 17 % z celkového počtu pacientů a terapie po čtyřech hodinách je snížena o 11 %. Všichni primárně transportovaní pacienti jsou zaléčeni do tří hodin (Martani 2019, str. 921).

V případě hromadného neštěstí při požárech, kdy dochází k velkému počtu zraněných a intoxikovaných oxidem uhelnatým, jsou zásoby kyslíku na místě události limitované. Většina pacientů s intoxikací oxidem uhelnatým vyžaduje řádné vyšetření, zhodnocení zdravotního stavu a následnou léčbu kyslíkem. V případě velkého množství intoxikovaných je kyslíková terapie limitovaná a je potřeba omezené množství kyslíku rozdělit mezi pacienty v závislosti na jejich zdravotním stavu. Klidový režim při pokojovém vzduchu či pomocí nízko průtokového kyslíku je doporučen pro pacienty s lehkými či žádnými příznaky akutní intoxikace oxidem uhelnatým. Vysoko průtokový kyslík je doporučován pro pacienty alespoň se středně vážnými příznaky. Kyslík by měl být administrován těm, kteří mají hodnoty COHb vyšší jak 10 % a mají příznaky intoxikace, dokud hodnoty COHb nebudou měřitelné či nižší než 2 % (Kearns 2016, str. 433).

2.3. Význam a limitace dohledaných poznatků

Tato přehledová bakalářská práce předkládá aktuálně dohledané poznatky o intoxikacích oxidem uhelnatým v přednemocniční péči. Z této přehledové bakalářské práce byly vyřazeny všechny studie zabývající se pediatrickými pacienty do 17 let intoxikovaných oxidem uhelnatým. Všechny studie byly prováděny v nejrůznějších státech světa. Dle všech dohledaných autorů se otrava oxidem uhelnatým projevuje nespecifickou symptomatologií a bez využití zařízení pro detekci oxidu uhelnatého není rozpoznání intoxikace jednoduché. Byl nalezen jeden diagnostický a léčebný standard otravy oxidem uhelnatým od České společnosti hyperbarické a letecké medicíny z roku 2009. V dalších dohledaných studiích vyplývá, že pro diagnostiku otravy oxidem uhelnatým neexistuje žádný celosvětový doporučený postup, kterým by se měli lékaři nebo nelékařští zdravotničtí pracovníci řídit. Existují ale všeobecné zásady a lokální doporučené postupy pro zajištění pacienta v případě intoxikace na základě vážnosti jeho/její zdravotního stavu a anamnézy. Z dohledaných studií neexistuje doporučený postup pro nelékařské zdravotnické pracovníky a lékaře v případě hromadného neštěstí s intoxikovanými pacienty oxidem uhelnatým, ale existují obecná doporučení. Celkově neexistuje větší množství studií zabývajících se problematikou intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči, případně je řada definic a významných informací autory vzájemně opisována. Měření saturačních hodnot karboxylhemoglobinu může dle dohledaných studií pomoci při řešení diferenciální diagnostiky v případě nejasné etiologie, ale ne každá zdravotnická záchranná služba má k dispozici CO – oxymetrii.

Dle dohledaných poznatků se terapie intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči zužuje na odstranění pacienta ze zamořeného prostředí a na inhalaci vysoko průtokového kyslíku na 15 litrech za minutu dýchací maskou. Žádné dohledané studie neuvádí žádný nový doporučený postup pro terapii v přednemocniční péči. Nebyly nalezeny žádné doporučené postupy v případě otravy oxidem uhelnatým u více osob na jednom místě. Pasquier ve své studii shrnuje jakým způsobem postupoval lékař v případě hromadného neštěstí u intoxikovaných lidí oxidem uhelnatým. Dále ukazuje využitý třídící protokol, který by mohl být v případě hromadného neštěstí užitečný při dalším zkoumání. Žádná z dohledaných studií nepočítá s absencí urgentního příjmu v nemocnici v případě transportu do zdravotnického zařízení. V následné nemocniční péči dohledané studie doporučují využití hyperbarické komory za splnění předpokladů k léčbě hyperbarickým kyslíkem. Využití CPAP ventilace bylo zkoumáno na malém vzorku pacientů, ale CPAP ventilace má dle dohledaných studií potenciál k nahrazení hyperbarické terapie v oblastech, kde tato možnost není. Využití CPAP ventilace v případě CO

intoxikace v přednemocniční fázi nebylo v dohledaných studiích zkoumáno, ale při transportu do hyperbarického zařízení má potenciál zlepšit výslednou prognózu.

Vybrané dohledané studie a informace zařazené do této práce jsou limitovány v oblasti výběru klíčových slov při rešeršní činnosti, jazykovou úrovní autora a zvolenými kritérii, které tuto práci provázely.

ZÁVĚR

Intoxikace oxidem uhelnatým je akutním stavem, který bez rychlé diagnostiky a adekvátní terapie může pacienta ohrozit na životě nebo mu způsobit dlouhodobé neurologické potíže. Práce je zaměřena na aktuálně dohledané poznatky o intoxikaci oxidem uhelnatým v přednemocniční péči.

V prvním dílčím cíli byly sumarizovány aktuální poznatky o zhodnocení a diagnostice intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči. Většina autorů v dohledaných studiích se shodovala, že potvrzení diagnostiky intoxikace oxidem uhelnatým je závislé na prostředí v místě události, zdravotním stavu pacienta a jeho klinickém obrazu. O'Driscoll, Newell a Ng se shodují na tom, že zvýšené hodnoty COHb jsou vhodným klinickým ukazatelem pro potvrzení diagnózy. Na druhou stranu Stevens uvádí měření hodnot COHb jako užitečný doplňkový ukazatel, ale diagnóza by měla vycházet z klinického obrazu. Antonio uvádí, že závažnost symptomů přímo koreluje s hodnotami COHb. Pro měření krevních hodnot COHb většina autorů doporučuje neinvazivní CO – oxymetrii. Master považuje za zlatý standard využití krevního rozboru, ten je ale v terénu bez přenosné laboratoře neproveditelný. Stevens udává, že CO – oxymetrie může mít falešně zvýšené hodnoty. Spuštěný detektor oxidu uhelnatého varuje posádku zdravotnické záchranné služby o přítomnosti oxidu uhelnatého v atmosféře a zvyšuje podezření na intoxikaci oxidem uhelnatým u pacientů. Z dohledaných zdrojů neexistuje žádný nový celosvětový doporučený algoritmus, jak postupovat při diagnostice v případě intoxikace CO, ale pouze obecná doporučení.

Druhý dílčí cíl sumarizuje dohledané aktuální poznatky o terapii a následném transportu do vhodného zdravotnického zařízení v případě intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči. Všichni autoři dohledaných studií se shodují na tom, že základem terapie je přesunutí pacienta ze zamořené oblasti a iniciální léčba kyslíkem dýchací maskou o objemu 15 litrů za minutu v případě přednemocniční péče. Všichni dohledaní autoři se shodují na tom, že v případě intoxikace oxidem uhelnatým je potřebný transport na oddělení urgentního příjmu nebo do zařízení s hyperbarickou komorou po splnění určitých podmínek. Žádný s dohledaných autorů ale nepočítal s tím, že by regionální nemocnice nemusela mít oddělení urgentního příjmu. Martani zmiňuje vznik protokolu pro diagnostiku a primární transport do zařízení s hyperbarickou komorou v případě intoxikace oxidem uhelnatým v Itálii. V závislosti na klinickém obrazu a hodnotách COHb se dále zvažuje využití hyperbarické komory. Martani ve své studii zmiňuje protokol, ve kterém se hodnoty karboxylhemoglobinu vyšší než 3 % konzultují na místě události s hyperbarickým centrem o dalším postupu. Yan udává, že v Číně

je využití hyperbarického centra v případě CO intoxikace žádoucí. Antonio doporučuje využití hyperbarického centra při hodnotách karboxylhemoglobinu vyšších než 25 %. Newell udává, že intoxikovaní pacienti mohou z hyperbarické oxygenoterapie profitovat. Hyperbarickou oxygenoterapii doporučuje Newell s ostatními také v případě intoxikace těhotných žen. Stevens se k využití hyperbarické komory staví kriticky, protože neexistuje globální konsensus, který by potvrdil účinnost léčby. Terapie kyslíkem v přetlakové hyperbarické komoře zrychluje poločas rozpadu karboxylhemoglobinu z 80 minut při atmosférické kyslíkové terapii na méně než 30 minut. Dle Stevense a Huzara je hyperbarická oxygenoterapie kontraindikovaná při rozsáhlých popáleninách, při probíhajícím popáleninovým šoku, při neléčeném pneumotoraxu, v případě léčby cytostatiky a při oběhově nestabilním pacientovi. Jako levnější a dostupnější náhrada se dle Idila a Caglara může využít neinvasivní CPAP ventilace, která má v menších studiích podobné výsledky jako hyperbarická komora. CPAP ventilace u intoxikovaných pacientů nebyla zkoumána v případě přednemocniční péče a bylo by zapotřebí dalšího zkoumání. Využití CPAP při umělé plicní ventilaci v případě intoxikace oxidem uhelnatým žádný autor z dohledaných studií nezkoumal.

Tyto informace získané rešeršní činností mohou pomoci uvést zdravotnické pracovníky a studenty zdravotnických oborů do problematiky intoxikace oxidem uhelnatým. Z dohledaných poznatků vyplývá, že by bylo potřeba vytvořit specifický celosvětový doporučený postup v případě intoxikace oxidem uhelnatým. Dále by bylo vhodné vybavení všech posádek zdravotnické záchranné služby detektory či oxymetry oxidu uhelnatého pro zvýšení bezpečnosti záchranných složek.

REFERENČNÍ SEZNAM

AKŞIT, Ercan, Özge TURGAY YILDIRIM, Fatih AYDIN, Okan BARDAKCI a Ayşe Hüseyinoğlu AYDIN. Transient ST Segment Elevation Caused by Intracoronary Thrombus after Acute Carbon Monoxide Poisoning. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. 2019, **34**(6), 677-680 [cit. 2021-03-23]. DOI: 10.1017/S1049023X19004898 ISSN 1049-023X.

Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2338610855/fulltextPDF/466752472E334873PQ/6?accountid=16730>

ANTONIO, Ana Carolina Pecanha, Priscylla Souza CASTRO a Luiz Octavio FREIRE. Smoke inhalation injury during enclosed-space fires: an update. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* [online]. 2013, **39**(3), 373-381 [cit. 2021-03-23]. DOI: 10.1590/S1806-37132013000300016. ISSN 1806-3713. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-371320130003000373&lng=en&tlng=en

CAGLAR, Bahadır, Suha SERIN, Gokhan YILMAZ, Alper TORUN a Ismet PARLAK. The Impact of Treatment with Continuous Positive Airway Pressure on Acute Carbon Monoxide Poisoning. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. 2019, **34**(6), 588-591 [cit. 2021-03-23]. DOI:10.1017/S1049023X19005028. ISSN 1049-023X. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1049023X19005028/type/journal_article

COTTEY, Laura, S JEFFERYS, T WOOLLEY a J E SMITH. Use of supplemental oxygen in emergency patients: a systematic review and recommendations for military clinical practice. *Journal of the Royal Army Medical Corps* [online]. 2019, **165**(6), 416-420 [cit. 2021-03-23]. DOI:10.1136/jramc-2018-001076. ISSN 0035-8665. Dostupné z: <https://jramc.bmj.com/lookup/doi/10.1136/jramc-2018-001076>

HÁJEK, Michal, Diagnostický a léčebný standard otravy oxidem uhelnatým. Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny [online]. 2009, 1-9 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://urgmed.cz/wp-content/uploads/2019/03/2009_co.pdf

HARBIN, Kimy R. a Teresa E. NORRIS. Anesthetic Management of Patients With Major Burn Injury. *American Association of nurse Anesthetists* [online]. 2012, **6**(80.), 430-439 [cit. 2021-

03-23]. ISSN 0094-6354. Dostupné z:

<https://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=50e3b3ab-ce40-464a-bea3-78ef2da149be%40sdc-v-sessmgr01&bdata=JmF1dGh0eXBIPXNoaWlmbGFuZz1jcyZzaXRIPWVkcylsaXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=84616075&db=asn>

HENRETIG, Fred M., Mark A. KIRK a Charles A. MCKAY, LONGO, Dan L., ed. Hazardous Chemical Emergencies and Poisonings. *New England Journal of Medicine* [online]. 2019, **380**(17), 1638-1655 [cit. 2021-03-23]. DOI:10.1056/NEJMra1504690. ISSN 0028-4793. Dostupné z: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMra1504690>

HODROGE, Sammy, Melody GLENN, Amelia BREYRE, et al. Adult Patients with Respiratory Distress: Current Evidence-based Recommendations for Prehospital Care. *Western Journal of Emergency Medicine* [online]. 2020, **21**(4), 849-857 [cit. 2021-03-23]. DOI:10.5811/westjem.2020.2.43896. ISSN 1936900X. Dostupné z: <https://escholarship.org/uc/item/9895j871>

HOLGERSSON, Annelie, Annika EKLUND, Lina GYLLENCREUTZ a Britt-Inger SAVEMAN. Emergency Medical Response in Mass Casualty Tunnel Incidents—with Emphasis on Prehospital Care. *Journal of Human Security* [online]. 2020, **16**(1), 3-15 [cit. 2021-03-23]. DOI:10.12924/johs2020.16010003. ISSN 1835-3800. Dostupné z: <http://www.librelloph.com/journalofhumansecurity/article/view/451>

HUZAR, Todd F, Tonya GEORGE a James M CROSS. Carbon monoxide and cyanide toxicity: etiology, pathophysiology and treatment in inhalation injury. *Expert Review of Respiratory Medicine* [online]. 2014, **7**(2), 159-170 [cit. 2021-03-23]. DOI:10.1586/ers.13.9. ISSN 1747-6348. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1586/ers.13.9>

IDIL, Hasan a Orkun UNEK. Non-Invasive CPAP Ventilation in Acute Carbon Monoxide Poisoning. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. 2019, **34**(04), 454-455 [cit. 2021-03-23]. DOI:10.1017/S1049023X19004485. ISSN 1049-023X. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifler/S1049023X19004485/type/journal_article

JUNG, Jong Woo a Jun Ho LEE. Serum lactate as a predictor of neurologic outcome in ED patients with acute carbon monoxide poisoning. *The American Journal of Emergency Medicine*

[online]. 2019, **37**(5), 823-827 [cit. 2021-03-23]. DOI: 10.1016/j.ajem.2018.07.046. ISSN 07356757. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735675718306260>

KATAYAMA, Yusuke, Tasuku MATSUYAMA, Tetsuhisa KITAMURA, et al. Prehospital characteristics, incidence trends, and outcome of emergency self-inflicted injury patients with gas substances: a population-based descriptive study in Osaka, Japan. *Acute medicine & Surgery* [online]. 2020, **7**(1), 1-8 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1002/ams2.452. ISSN 2052-8817. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ams2.452>

KEARNS, Randy D., Kathe M. CONLON, Annette F. MATHERLY, et al. Guidelines for Burn Care Under Austere Conditions. *Journal of Burn Care & Research* [online]. 2016, **37**(5), 427-439 [cit. 2021-03-23]. doi: 10.1097/BCR.0000000000000304KIM. ISSN 1559-047X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jbcr/article/37/5/e427-e439/4563466>

LIAO, Shu-Chen, Yan-Chiao MAO, Yao-Min HUNG, Ching-Hsing LEE a Chen-Chang YANG. Predictive Role of QTc Prolongation in Carbon Monoxide Poisoning-Related Delayed Neuropsychiatric Sequelae. *BioMed Research International* [online]. 2018, **2018**(1), 1-8 [cit. 2021-03-23]. 10.1155/2018/2543018. ISSN 2314-6133. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2116805320/fulltextPDF/AF58E7E6718A4A7BPQ/1?acountid=16730>

LIPOVÝ, Břetislav. Inhalační trauma – historie, současnost a budoucnost. *Otorinolaryngologie a Foniatrie* [online]. Praha, 2011, **2011**(1), 51-57 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=2dcb8a10-9cfd-4332-b3a7-b7a4a5d957a3%40sessionmgr101>

MARTANI, Luca, Luca CANTADORI, Matteo PAGANINI, Enrico M. CAMPORESI a Gerardo BOSCO. Carbon monoxide intoxication: prehospital diagnosis and direct transfer to the hyperbaric chamber. *Minerva Anestesiologica* [online]. 2019, **85**(8), 920-922 [cit. 2021-03-23]. doi:10.23736/S0375-9393.19.13648-6. ISSN 03759393. Dostupné z: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R02Y2019N08A0920>

MASTERS, Thomas, Brian WILLENBRING, Bjorn WESTGARD, Jon COLE, Stephen HENDRIKSEN, Joseph WALTER, Christopher LOGUE a Travis OLIVES. Availability of

Bedside and Laboratory Testing for Carbon Monoxide Poisoning in the Upper Midwestern United States. *Western Journal of Emergency Medicine* [online]. 2019, **20**(3), 506-511 [cit. 2021-03-23]. doi:10.5811/westjem.2019.2.41428. ISSN 1936900X. Dostupné z: <http://escholarship.org/uc/item/0k97693k>

NEWELL, Cody F. a Frank J. EDWARDS. A Review of Thermal Burns for Emergency Clinicians. *Emergency medicine reports* [online]. 2020, **12**(41), 1-8 [cit. 2021-03-23]. ISSN 07462506. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2412792678/abstract/93C218546EA34079PQ/1?accountid=16730>

NG, Patrick Chow Yuen, Brit LONG a Alex KOYFMAN. Clinical chameleons: an emergency medicine focused review of carbon monoxide poisoning. *Internal and Emergency Medicine* [online]. 2018, **13**(2), 223-229 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1007/s11739-018-1798-x. ISSN 1828-0447. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11739-018-1798-x>

O'DRISCOLL, B R, L S HOWARD, J EARIS a V MAK. British Thoracic Society Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *BMJ Open Respiratory Research* [online]. 2017, **4**(1), 1-90 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1136/bmjresp-2016-000170. ISSN 2052-4439. Dostupné z: <https://bmjopenrespres.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjresp-2016-000170>

OZTURAN, Ibrahim Ulas, Elif YAKA, Selim SUNER, Asim Enes OZBEK, Cansu ALYESIL, Nurettin Ozgur DOGAN, Serkan YILMAZ a Murat PEKDEMIR. Determination of carboxyhemoglobin half-life in patients with carbon monoxide toxicity treated with high flow nasal cannula oxygen therapy. *Clinical Toxicology* [online]. 2019, **57**(7), 617-623 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1080/15563650.2018.1540046. ISSN 1556-3650. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15563650.2018.1540046>

PASQUIER, Mathieu, Fabrice DAMI, Pierre-Nicolas CARRON, Bertrand YERSIN, Rodrigue PIGNEL a Olivier HUGLI. Mass Casualty Triage in the Case of Carbon Monoxide Poisoning: Lessons Learned. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* [online]. 2018, **12**(3), 373-378 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1017/dmp.2017.65. ISSN 1935-7893. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifler/S1935789317000659/type/journal_article

ROTH, Dominik, Mario KRAMMEL, Wolfgang SCHREIBER, Harald HERKNER, Christof HAVEL a Anton N. LAGGNER. Unrecognized Carbon Monoxide poisoning Leads To a Multiple-Casualty Incident. *The Journal of Emergency Medicine* [online]. 2013, **45**(4), 559-561 [cit. 2021-03-23]. doi: 10.1016/j.jemermed.2013.05.003. ISSN 07364679. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0736467913004617>

SAULNIER, Dell D., Kim BROLIN RIBACKE a Johan VON SCHREEB. No Calm After the Storm: A Systematic Review of Human Health Following Flood and Storm Disasters. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. 2017, **32**(5), 568-579 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1017/S1049023X17006574. ISSN 1049-023X. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1049023X17006574/type/journal_article

STEVENS, Jonathan, Emile EL-SHAMMAA a Frank LOVECCHIO. Carbon Monoxide and Cyanide Poisoning in Smoke Inhalation Victims: A Review. *Trauma reports* [online]. 2015, **16**(1), 1-12 [cit. 2021-03-23]. ISSN 15311082. Dostupné z: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=22&sid=2dcb8a10-9cfd-4332-b3a7-b7a4a5d957a3%40sessionmgr101>

WATT, Stephanie, Catherine E. PRADO a Simon F. CROWE. Immediate and Delayed Neuropsychological Effects of Carbon Monoxide Poisoning: A Meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society* [online]. 2018, **24**(4), 405-415 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1017/S1355617717001035. ISSN 1355-6177. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1355617717001035/type/journal_article

YAN, Tian-Tian, Guo-An LIN, Min-Jie WANG, Andreas LAMKOWSKI, Matthias PORT a Alexis RUMP. Pharmacological treatment of inhalation injury after nuclear or radiological incidents: The Chinese and German approach. *Military Medical Research* [online]. 2019, **6**(1), 1-10 [cit. 2021-03-23]. doi:10.1186/s40779-019-0200-2. ISSN 2054-9369. Dostupné z: <https://mmrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40779-019-0200-2>

YANAGAWA, Youichi. Significance of the carboxyhemoglobin level for out-of-hospital cardiopulmonary arrest. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock* [online]. 2012, **5**(4), 338-341 [cit. 2021-03-23]. doi:10.4103/0974-2700.102405. ISSN 0974-2700. Dostupné z: <http://www.onlinejets.org/text.asp?2012/5/4/338/102405>

Seznam zkratek

ATP – adenosintrifosfát

CO – oxid uhelnatý

COHb – karboxylhemoglobin

CPAP – continuous positive airway pressure – kontinuální pozitivní tlak v dýchacích cestách

DNS – Delayed neuropsychiatric sequelae – zpožděný neuropsychiatrický syndrom

EKG – elektrokardiograf

FiO₂ – koncentrace inspirovaného kyslíku

GCS – Glasgow Coma Scale

HBO – hyperbaric oxygenotherapy – hyperbarická terapie

PaO₂ – parciální tlak kyslíku v arteriální krvi

Ppm – parts per million

SpO₂ – saturace krve kyslíkem

UPV – umělá plicní ventilace

Seznam příloh

Tabulka 1- Diagnostický a léčebný standard otravy oxidem uhelnatým

Stádium	Vědomí	Neurologický nález	Vegetativní poruchy	Oběh	Dýchání
I.	Při vědomí	Negativní	Bolest hlavy, nauzea, zvracení	Bez změn	Bez změn
II.	Při vědomí	Pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	Bolest hlavy, nauzea, zvracení	Bez změn	Bez změn
III.	Somnolence, sopor	Pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	Zvracení	Hypertenze, tachykardie	Hyperventilace
IV.	Kóma	Pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	Nelze	Hypertenze, tachykardie, hypotenze, bradykardie, asystolie	Hyperventilace, hypoventilace

(Hájek 2009, str.3)