

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2018

**KLÁRA
VYDROVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Přístup zdravotnického záchranáře k poškození zdraví vysoce nebezpečnými
látkami**

The Approach of Paramedics to Injury by Extremely Hazardous Substances

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Zdravotnický záchranář

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jan Pokorný, DrSc.

Klára Vydrová

Kladno, květen 2018

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Klára Vydrová**
Obor: Zdravotnický záchranář
Téma: **Přístup zdravotnického záchranáře k poškození zdraví vysoce nebezpečnými látkami**
Téma anglicky: The Approach of Paramedics to Injury by Extremely Hazardous Substances

Zásady pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude popis a charakteristika přístupů zdravotnického záchranáře k pacientům, u kterých došlo k poškození zdraví vysoce nebezpečnými látkami. Teoretická část se bude zabývat jednotlivými nebezpečnými látkami, jejich výskytem, způsobem vniknutí do organismu a jejich následným působením. Práce se také zaměří na možné způsoby ochrany před působením vysoce nebezpečnými látkami a na možnosti terapeutických postupů v těchto případech. V praktické části student využije kazuistik týkajících se dané problematiky. Bude provádět komparace vyšetřovacích a terapeutických postupů využívaných v praxi s postupy uvedenými v odborné literatuře a její následné zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

- [1] POHANKA, Miroslav, Přehled toxikologie, ed. 1., Hradec Králové: Univerzita obrany, 2013, 55 s., ISBN 978-80-7231-353-2
- [2] ŠÍŇ, Robin et al., Medicína katastrof, ed. 1., Praha: Galén, 2017, 351 s., ISBN 978-80-7492-295-4
- [3] PELCLOVÁ, Daniela, Nemoci z povolání a intoxikace, ed. 3., doplň., Praha: Karolinum, 2014, 316 s., ISBN 978-80-246-2597-3
- [4] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA, Kateřina ŠEBKOVÁ, Nebezpečné chemické látky a směsi, ed. 1., Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, 131 s., ISBN 978-80-210-6475-1

Zadání platné do: 20.09.2019

Vedoucí: doc. MUDr. Jan Pokorný, DrSc.

vedoucí katedry / pracoviště

děkan

V Kladně dne 19.02.2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Přístup zdravotnického záchranáře k poškození zdraví vysoce nebezpečnými látkami“ vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 17.05.2018

.....
podpis

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala svému vedoucímu doc. MUDr. Janu Pokornému, Dr.Sc. za odborné vedení a rady, jeho trpělivost, lidský přístup a čas. Mé poděkování dále patří MUDr. Tomáši Hyánkovi z Nemocnice Na Homolce za pomoc při získávání dat pro zpracování praktické části této práce. A v neposlední řadě také děkuji výše zmíněnému zdravotnickému zařízení za přístup ke zdravotnické dokumentaci a možnost jejího zpracování.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá přístupem zdravotnických záchranářů k poškození zdraví vysoce nebezpečnými látkami. Vzhledem k reálnému nebezpečí jejich výskytu je téma těchto látek velmi aktuální, proto je třeba, aby zdravotničtí záchranáři věděli, jak při mimořádných událostech s výskytem takové substance postupovat.

První část této práce se týká samotných vysoce nebezpečných látek se zaměřením na jejich výskyt, možnosti použití, ale také způsob jejich označování. Dále se práce zabývá problematikou mimořádné události s výskytem takové látky. V této části uvádíme i prostředky individuální ochrany a postupy při detekci nebezpečné látky. Závěrem pojednáme o jednotlivých látkách, o jejich výskytu, cestách vstupu do organismu, následnému klinickému obrazu a možnostech terapeutických postupů.

Druhá část je tvořena sedmi kazuistikami a jejich následným rozbohem. Jde o případy, při nichž došlo k poškození zdraví oxidem uhelnatým. Pozornost je zde věnována zejména diagnostice a následné terapii.

Klíčová slova

Vysoce nebezpečné látky; zdravotnický záchranář; intoxikace; oxid uhelnatý

Abstract

The Bachelor thesis deals with the approach of paramedics to health damage caused by highly hazardous substances. Due to the real danger of their occurrence, the topic of these substances is very relevant, so it is necessary for paramedics to know how to deal with the occurrence of such substances in case of emergencies.

The first part of this thesis concerns the hazardous substances themselves, focusing on their occurrence, the possibilities of their use, but also their labelling. Furthermore, the thesis deals with the issue of an emergency with the occurrence of such a substance. This section also provides the means of individual protection and the procedures for detecting the hazardous substance. In conclusion, we will discuss the individual substances, their occurrence, ways of entering the organism, the subsequent clinical picture and the possibilities of therapeutic procedures.

The second part consists of seven case studies and their subsequent analysis. These are cases in which health damage caused by carbon monoxide has occurred. Attention is especially devoted to diagnosis and the subsequent therapy.

Key Words

Highly hazardous substances; paramedic; intoxication; carbon monoxide

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod | 9 |
| 2 | Současný stav | 10 |
| 2.1 | Vysoce nebezpečné látky..... | 10 |
| 2.1.1 | Označování chemických látek..... | 10 |
| 2.1.2 | Výskyt vysoce nebezpečných látek | 12 |
| 2.2 | Mimořádná událost s výskytem vysoce nebezpečné látky..... | 13 |
| 2.3 | Vliv vysoce nebezpečných látek na organismus a možnosti léčby | 18 |
| 2.3.1 | Průmyslové látky | 18 |
| 2.3.2 | Bojové chemické látky | 23 |
| 2.3.3 | Oxid uhelnatý (CO)..... | 27 |
| 3 | Cíl práce..... | 32 |
| 4 | Metodika..... | 33 |
| 5 | Výsledky..... | 34 |
| 5.1 | Kazuistika 1..... | 34 |
| 5.2 | Kazuistika 2..... | 36 |
| 5.3 | Kazuistika 3..... | 40 |
| 5.4 | Kazuistika 4..... | 42 |
| 5.5 | Kazuistika 5..... | 45 |
| 5.6 | Kazuistika 6..... | 49 |
| 5.7 | Kazuistika 7..... | 52 |
| 6 | Diskuze | 55 |
| 7 | Závěr..... | 58 |
| 8 | Seznam použitých zkratk | 60 |
| 9 | Seznam použité literatury | 63 |
| 10 | Seznam použitých obrázků | 65 |
| 11 | Seznamu použitých tabulek | 66 |

1 ÚVOD

Téma vysoce nebezpečných látek se zdá být stále aktuálnější. Tyto látky jsou více a více využívány v chemickém průmyslu, ať už k různým úpravám povrchů, moření, odmašťování, jsou ale také využívány jako pesticidy, deratizační a dezinfekční prostředky a podobně. V současné době se však stává aktuálním tématem problematika bojových chemických látek. Ty byly zejména využívány během minulého století při velkých válkách, v dnešní době jejich užití nekončí. Bojové chemické látky dnes nejsou využívány jen teroristickými organizacemi, ale nabývají na důležitosti i v rámci lokálních střetů v rámci chemického terorismu.

Z tohoto důvodu je třeba znát postupy, jak se zachovat, pokud se zdravotnický záchranář s takovými látkami setká. V této práci bude pohled nejprve zaměřen na způsoby označování vysoce nebezpečných látek. Tato znalost totiž může záchranářům usnadnit detekci a určení dané látky. Dále bude zmínka o postupech zdravotnických záchranářů při mimořádné události s výskytem vysoce nebezpečné látky včetně možností využití prostředků individuální ochrany. Podstatná část této práce je věnována vybraným nebezpečným látkám a jejich vlastnostem. Zejména je zde řeč o průmyslových látkách, z nichž byli vybráni zástupci: kyanovodík, sulfan a organofosfáty. Dalšími zmiňovanými látkami jsou bojové chemické látky a v neposlední řadě je také věnována pozornost oxidu uhelnatému. U každé látky není opomenuto zmínit klinický obraz otravy touto látkou a následný terapeutický postup.

Pro praktickou část této práce bylo využito sedmi kazuistik, u nichž došlo k poškození zdraví oxidem uhelnatým. Obzvláštní pozornost byla věnována diagnostice dané intoxikace, přístupu k postiženému v kontaminovaném prostředí a v následné terapii.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Vysoce nebezpečné látky

Látky, které je možné zařadit mezi vysoce nebezpečné látky, určujeme na základě jejich vlastností. Těmito svými vlastnostmi mohou tyto látky velmi ohrožovat nejen zdraví člověka ale i životní prostředí. Vysoce nebezpečné látky, také uváděné jako HAZMAT (z anglického „hazardous materials“), lze rozdělit dle klasifikace Organizace spojených národů do těchto skupin:

- 1 - Explosiva
- 2 - Plyny
- 3 - Vznětlivé tekutiny
- 4 - Vznětlivé pevné látky, samovznětlivé látky, látky, které při kontaktu s vodou vylučují, vznětlivé plyny
- 5 - Oxidující látky a organické peroxidy
- 6 - Toxické a infekční látky
- 7 - Radioaktivní látky
- 8 - Korozivní materiály
- 9 - Jiné nebezpečné látky

Základním kritériem klasifikace je míra nebezpečí, které daná látka představuje [1, 2, 3].

2.1.1 Označování chemických látek

Existuje mnoho způsobů označování chemických látek. Jedním z nich je oranžová bezpečnostní tabulka, sloužící k označení přepravovaných látek. Tato tabulka je rozdělena na dvě části, v horní se nachází tzv. Kemlerův kód a v dolní UN kód [1].

Kemlerův kód informuje o nebezpečnosti dané látky. Je tvořen dvěma nebo třemi čísly, které uvádí vlastnosti oné látky. Jednotlivé číslice značí tato nebezpečí:

- 1 – výbušné látky a předměty,
- 2 – nebezpečí úniku plynu tlakem nebo chemickou reakcí,
- 3 – hořlavost kapalin (par) a plynů nebo kapalin schopných samoohřevu,
- 4 – hořlavost tuhých látek nebo tuhých látek schopných samoohřevu,
- 5 – vznětlivost (podporující hoření),
- 6 – jedovatost nebo nebezpečí infekce,
- 7 – radioaktivita,
- 8 – žíravost,
- 9 – nebezpečí prudké samovolné reakce,
- 0 – neexistuje žádné další nebezpečí (vždy na druhém místě),
- X – nebezpečná reakce látky s vodou (umístěné před číslem).

Pokud jsou číslice zdvojené značí to vyšší intenzitu daného nebezpečí [1, 4].

UN kód se nachází ve spodní části tabulky a sděluje, o jakou látku se konkrétně jedná. Je to čtyřmístné číslo vedené v registru nebezpečných látek, který je vydán Organizací spojených národů [1].

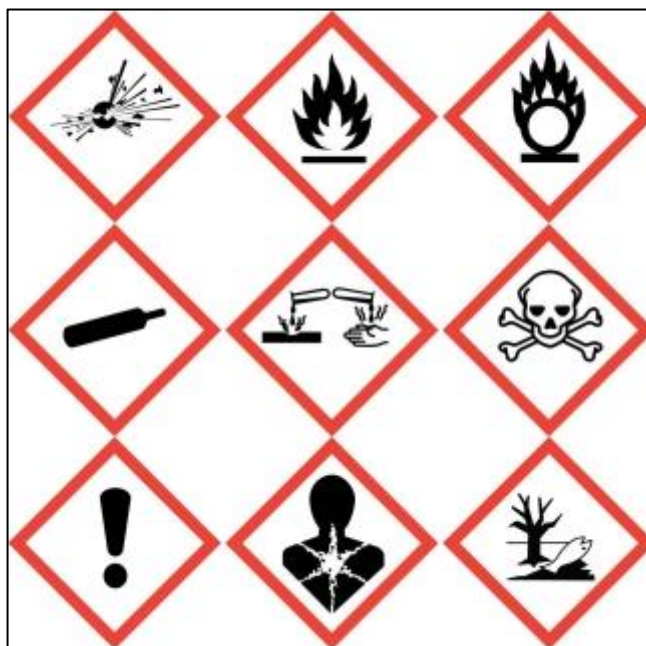


Obrázek 1 Oranžová tabulka – Acetylchlorid [5]

Konkrétní případ bezpečnostní tabulky nám ukazuje Obrázek 1. UN číslo 1717 uvádí, že se jedná o acetylchlorid, Kemlerův kód označuje: X – nebezpečně reaguje s vodou, 33 – vysoká hořlavost, 8 – žíravost.

Další ze způsobů označování chemických látek jsou symboly globálně harmonizujícího systému (Obrázek 2) vyjadřující nebezpečné vlastnosti těchto látek. Jsou

používány na základě nařízení Evropského parlamentu č. 1272/2008, které vešlo v platnost 1.června 2015 [1].



Obrázek 2 Piktogramy GHS [6]

Dalších způsobů označování nebezpečných chemických látek je celá řada, v této práci jim však již nebude více věnována pozornost.

2.1.2 Výskyt vysoce nebezpečných látek

Vysoce nebezpečné látky se s rozvíjejícím chemickým průmyslem vyskytují stále častěji a mnoho zaměstnání je v dnešní době již neoddelitelných od každodenního kontaktu s nimi. Z tohoto důvodu existuje celá řada doporučených postupů nakládání s těmito látkami, které umožňují předejít poškození zdraví daných osob. Chemické látky jsou využívány v průmyslu například při různých úpravách povrchů, moření, odmašťování, při pokovování, při desinfekci povrchů, svařování a podobně [1].

Prvořadou snahou je zabránit expozici nebezpečným látkám. K tomu vedou technická nebo organizační opatření. V případech, kdy kontaktu s látkou zabránit nelze, je potřeba využít ochranné pomůcky. Ty rozdělujeme na pomůcky pro kolektivní ochranu, mezi něž patří například zlepšení větrání, a pomůcky pro osobní ochranu, k těm se řadí ochranné oblečení nebo brýle [1].

2.2 Mimořádná událost s výskytem vysoce nebezpečné látky

Vysoce nebezpečné látky vyvolávají při kontaktu s lidským organismem velmi nebezpečné reakce. Při přímém kontaktu rozlišujeme *kontaminaci* a *inkorporaci*. Při kontaminaci dochází pouze ke „*znečištění tělesného povrchu osob, předmětů, prostoru, případně životního prostředí...*“ [2], zatímco při inkorporaci proniká látka do těla. K proniknutí může docházet různými branami vstupu. Nejběžnějším z nich je dýchací systém, tj. inhalace. Dalšími možnostmi je intoxikace požitím látky, vstřebáním transkutánně, porušeným kožním krytem a intraokulárně při zasažení očí. V experimentální toxikologii také může dojít k intravaskulárnímu či intramuskulárnímu proniknutí dané látky do organismu [1, 2, 4].

Důležitými faktory ovlivňující riziko poškození zdraví vysoce nebezpečnými látkami jsou *perzistence* a *transmisibilita*. Perzistence je „*schopnost udržovat prostředí toxické po dobu delší 10 min.*“ [2]. Míra perzistence je ovlivněna bodem varu dané látky, kdy s vyšším bodem varu stoupá také míra perzistence. Pojem transmisibilita označuje schopnost přenosu dané látky v důsledku kontaminace. Zvláštností způsobu je distanční působení noxy. Při zásahu záchranných týmů hraje perzistence a transmisibilita důležitou roli, neboť podle těchto vlastností uvažované látky se jejich přístup k místu mimořádné události velmi liší [2].

Pokud došlo ke kontaminaci vysoce nebezpečnou látkou, je potřeba zahájit *dekontaminaci* – proces jejího odstranění či redukce z povrchu těla či předmětů nebo její neutralizace. Cílem dekontaminace je „*snížit expozici organismu nebezpečné látce a zabránit intenzivnějšímu a rozsáhlejšímu poškození*“ [2]. Rozlišujeme primární a sekundární dekontaminaci. Cílem primární dekontaminace je záchrana života a zdraví, sekundární dekontaminace se provádí pro dokončení nedokonalé primární dekontaminace, aby se zabránilo dalšímu poškození zdraví po kontaktu s kontaminovaným prostředím či materiálem. Dále rozdělujeme dekontaminaci na částečnou a úplnou. Částečná dekontaminace se provádí za pomoci jednoduchých prostředků na místě zásahu, aby nedošlo ke kontaminaci dalších osob. Úplná dekontaminace je většinou prováděna speciálními jednotkami a po jejím provedení, by měly mít osoby možnost pracovat bez nutnosti použití prostředků individuální ochrany [2, 4].

Existuje několik metod dekontaminace. Podmínkou je, aby byly rychlé, účinné a univerzální. Jednou z možností jsou chemické metody dekontaminace. Jejich účinek je dán schopností reagovat s toxickou látkou za vzniku látek s nižší toxicitou nebo úplné zneškodnění toxické látky. Fyzikální metody toxicitu látky nijak neovlivňují dochází pouze k odstranění látek z kontaminovaného objektu. Chemické a fyzikální metody je možné různě kombinovat, kdy dochází k odstranění látky z kontaminovaného objektu spolu se snížením či úplnou destrukcí její toxicity. Existují také mechanické metody, jejichž provedením dochází pouze k mechanickému odstranění vysoce nebezpečné látky. Patří mezi ně ometání, kartáčování, ofukování, ale také ultrazvuk a další. Posledními metodami dekontaminace jsou biologické metody. Ty fungují díky schopnosti různých mikroorganismů, rostlin, hub či enzymů rozkládat vysoce nebezpečné látky. Pokud dojde k proniknutí vysoce nebezpečné látky do organismu, je nutno provést její eliminaci. Opatření, která k ní vedou, nazýváme *dekorporace* [2, 4].

Ochranná opatření

Při práci s vysoce nebezpečnými látkami není bohužel možné jejich distančnímu působení vždy zabránit. Negativní účinky lze však za použití správných postupů velmi snížit. Základem je přístup dle *akronymu 3O* – Odstup, Omezení a Ochrana. Určitý odstup je třeba stanovit a nadále udržovat, omezením je myšleno zejména omezení trvání expozice dané látky a ochranou využití dostupných prostředků a pomůcek. Při práci v nebezpečném prostředí je důležité zakrýt tělesný povrch a cesty vstupu do organismu, případně použít oděvy na jedno použití či prostředky individuální ochrany, na podezřelý materiál, pokud možno nesahat, vysoce nebezpečnou látku dále nerozšiřovat a nevířit a po ukončení prací provést *adekvátní dekontaminaci* [2].

Prostředky individuální ochrany zajišťují úplnou nebo částečnou ochranu před působením vysoce nebezpečných látek. Jedná se o technické prostředky sloužící zejména k ochraně povrchu těla, dýchacích cest nebo jejich kombinaci. V případě nedostupnosti prostředků individuální ochrany lze na omezenou dobu a s vědomím jejich nedokonalosti použít *improvizované prostředky* vytvořené z různých částí oděvů. Prostředky individuální ochrany běžně fungují na dvou různých principech – filtrace nebo izolace. Filtrační prostředky individuální ochrany nacházíme jak v případě ochrany dýchacích cest, tak při ochraně povrchu těla. Filtrační dýchací přístroje slouží k čištění kontaminovaného vzduchu pomocí ochranného filtru od vysoce nebezpečných látek. Profiltrovaný vzduch je následně

vdechován uživatelem dýchacího přístroje a nedochází tak ke kontaminaci dýchacích cest. Filtrační prostředky k ochraně tělesného povrchu pracují na podobném principu jako ochranný filtr dýchacích přístrojů. Obsahují aktivní vrstvu, která na bázi adsorpce, absorpce či chemisorpce zachytává nebezpečné látky. Výhoda filtračních prostředků spočívá zejména ve snížení tepelného stresu. Úskalím je naopak špatná odolnost vůči kapalinám, čemuž je ale v praxi běžně bráněno použitím prostředku spolu s voděodolným materiálem nebo úpravou svrchního materiálu daného prostředku [2, 4, 6].

Druhým principem, na kterém mohou fungovat prostředky individuální ochrany, je *princip izolace*. Stejně jako u filtrace nacházíme jak dýchací izolační přístroje, tak izolační prostředky pro ochranu povrchu těla před působením vysoce nebezpečnými látkami. Izolační dýchací přístroje využívají zdroje dýchatelného vzduchu odděleného od okolního ovzduší. Jeho zdrojem většinou bývá tlaková lahev. Izolační dýchací přístroje zajišťují kompletní izolaci od kontaminovaného vzduchu. Jejich praktičnost je ale velmi snížena jejich špatnou mobilitou. Izolační prostředky pro ochranu povrchu těla zabraňují přístupu nebezpečné látky ke kůži, a tak chrání tělo před kontaminací látkami všech skupenství. Jejich účinnost pak zejména závisí na jejich prodyšnosti. Na základě toho rozlišujeme hermetické a nehermetické oděvy. *Hermetické oděvy* izolují tělo kompletně od okolního prostředí a rozeznáváme dva druhy – přetlakové (provětrávané) a nepřetlakové (neprovětrávané). *Nehermetickými prostředky* se většinou rozumí pláštěnky, které slouží k zachytávání kapek a aerosolu nebezpečných látek. Izolační prostředky pro ochranu povrchu těla musí zajišťovat dva základní předpoklady, tj. ochrana před propustností a před pronikáním vysoce nebezpečné látky [2, 4, 6].



Obrázek 3 Příkladů prostředků individuální ochrany [2]

Postupy při mimořádné události s přítomností vysoce nebezpečné látky

Pokud dojde k mimořádné události, kdy unikne vysoce nebezpečná látka, je potřeba jednat podle náležitého postupu, aby nedošlo k dalšímu poškození zdraví a dalšímu šíření dané látky. V první chvíli je nejdůležitější *rozpoznat*, o jaké nebezpečí se jedná – jaká je to látka, co může způsobit. Aby se látka dál nešířila, je potřeba *místo nehody uzavřít, zachránit osoby*, které byly danou látkou zasaženy, a v případě nutnosti požádat operační středisko o *přivolání dalších sil*. Podrobněji tento postup vysvětluje akronym METHANE:

M – My call – můj volací znak

E – Exact location – přesná lokalizace mimořádné události

T – Type of incident – typ nehody

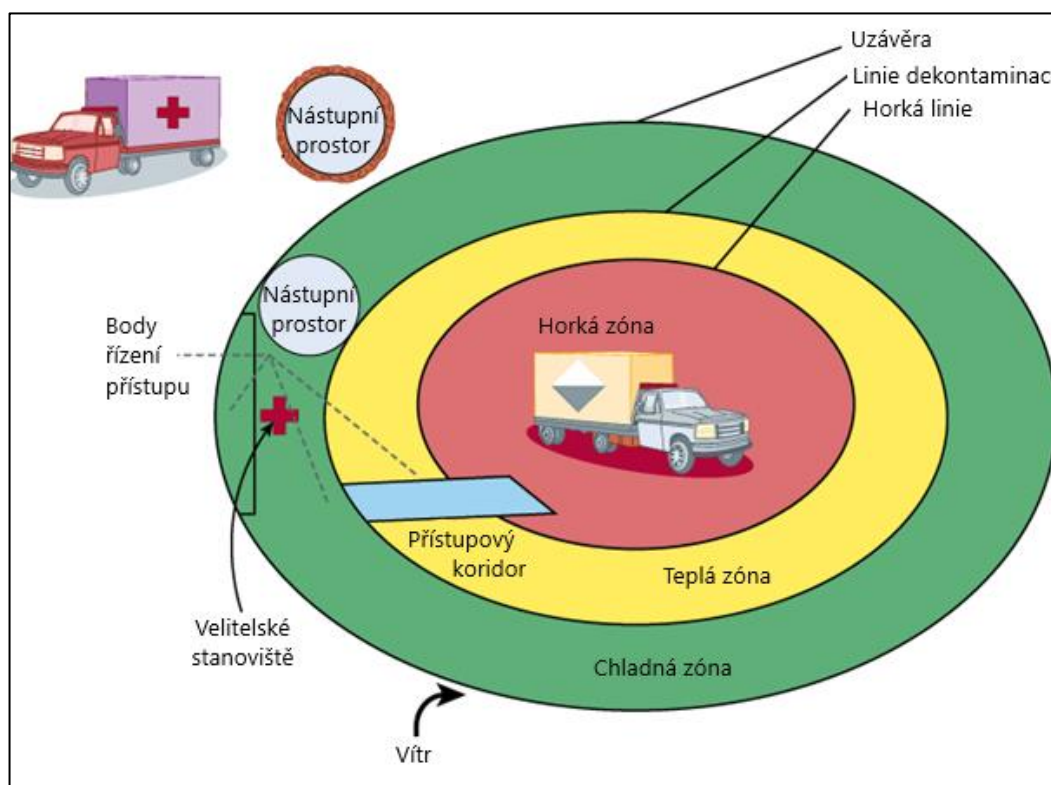
H – Hazards – současná, případně hrozící nebezpečí

A – Access – možnost přístupu k místu mimořádné události

N – Number and type of casualties – počet a druh poranění

E – Emergency services on scene and demanded - složky vyskytující se na místě a případně požadované [2, 4].

Jak již bylo zmíněno výše, místo mimořádné události je třeba náležitě ohraničit. K tomu také patří rozdělení místa podle míry možného ohrožení zdraví na jednotlivé zóny. Místo se rozděluje na zónu horkou, teplou a chladnou [2, 4].



Obrázek 4 Zóny při mimořádné události [8, str. 1731 - volně přeloženo]

Pohyb v horké zóně je bezprostředně spojen s kontaktem s vysoce nebezpečnou látkou a rizikem kontaminace. Pohybovat se v této zóně mohou pouze osoby určené velitelem zásahu, primárně pak členové hasičského záchranného sboru České republiky, a to pouze za použití patřičných pomůcek individuální ochrany. Bez ochranných pomůcek mohou vstupovat pouze v případě, že je zaručeno, že nepřijdou s noxou do kontaktu. Velikost horké zóny je dána charakterem dané látky, ale také povětrnostními podmínkami, při nichž k mimořádné události došlo [2, 8].

K horké zóně přiléhá zóna teplá. Ta je ohraničena vnitřní i vnější uzávěrou, jsou do ní přiváděny postižené osoby z horké zóny a probíhá zde dekontaminace. Za hranicemi teplé zóny se nachází chladná zóna, kde by již nemělo docházet k další kontaminaci [2].

2.3 Vliv vysoce nebezpečných látek na organismus a možnosti léčby

Toxické látky mají na lidský organismus negativní účinky. Ty je z časového pohledu možné rozdělit na *akutní* a *chronické*. Zatímco u akutních k otravě organismu stačí pouze jednorázová expozice dané látky, k chronickým otravám dochází při dlouhodobé expozici většinou v menších dávkách. Ačkoli se může vyskytovat chronická otrava způsobená expozicí pouze jedné látky, většinou se jedná o kombinaci různých látek [1, 4].

Při kontaktu s toxickou látkou dochází ke sledu několika procesů v lidském organismu, které ovlivňují výsledný účinek látky. Nejprve je látka do organismu *absorbována*, dále následuje *transport* a *distribuce*, *metabolismus*, případně *interakce* s místem účinku a následné *vyloučení*. Pojmem *intoxikace* se obvykle rozumí vliv nebezpečné chemické látky na celé tělo, případně na určité orgány či jejich skupiny. Všechny chemické látky však primárně působí na buňky, kde dochází k interakci molekul buňky s toxickou látkou. Primárně jsou tedy zasaženy jednotlivé molekuly buněk, což má ale dopad na celé buňky, případně na tkáň i celý organismus [1, 4].

2.3.1 Průmyslové látky

Vysoce nebezpečné látky jsou v průmyslu čím dál více využívány. Stále více se jich vyrábí, dále se skladují, přepravují. Pokud dojde k jejich úniku, mohou ublížit lidem na zdraví, či dokonce na životě. Tato práce podrobněji uvádí pouze nejnebezpečnější z těchto látek.

Kyanovodík

Kyanovodík, chemickou značkou HCN, je bezbarvá kapalina mající bod varu při 25,6 °C. Nejčastěji proto vstupuje do organismu ve formě plynu dýchacími cestami a vyvolává inhalační otravu. Jeho páry působí velmi rychle a prudce. Jsou cítit po hořkých mandlích. Protože schopnost ho ucítit je geneticky podmíněná, dochází u některých jedinců k otravě HCN bez předchozího varování. Letální dávka je asi 1 mg/kg tělesné hmotnosti. Kyanovodík byl zneužíván za druhé světové války nacisty ve formě Cyklonu B. Má nižší hustotu než vzduch, jeho relativní hustota činí asi 0,95. Protože velmi rychle vyprchá, není používán pro bojové účely [4, 8, 9].

Kyanovodík se v dnešní době používá pro deratizaci a dezinsekcí pod obchodním názvem Uragan D2 ve velkokapacitních silech. Dále je využíván k pokovování v galvanizovaných kyanidových lázních. S kyanovodíkem je také možné se setkat při hoření, zejména pak plastů, ale i některých přírodních látek, v prostředí s omezeným přístupem kyslíku. Spolu s ním často vzniká oxid uhelnatý a dochází tak ke smíšeným otravám [9].

Kyanovodík se v mitochondriích váže na Fe^{3+} a způsobuje tak blokádu buněčného dýchání vazbou na Warburgovu oxidázu. Buňky přicházejí o schopnost přijímat a využívat kyslík, proto jsou ve venózní krvi erytrocyty saturovány kyslíkem více než je obvyklé. Reakcí na přerušení aerobního využívání glukózy se začíná vytvářet laktát a postupně dochází k rozvoji metabolické acidózy. Při inhalační otravě může dojít k okamžité smrti, kyanovodík se touto cestou velmi dobře vstřebává [8, 9].

Při intoxikaci kyanovodíkem je možné pozorovat malátnost, slabost, člověk se stěžuje na bolesti hlavy, má závrať. Je zmatený, může dojít k zvracení, křečím, tachykardii, hyperventilaci nebo naopak zpomalenému mělkému dýchání. Vrcholem, v nějž může otrava HCN vyústit, je bezvědomí a zástava dechu. Saturace arteriální krve je dostatečná a ve venózní krvi je více hemoglobinu nasyceného kyslíkem [4, 9].

Lidský organismus je schopen navázat kyanidový ion na síru pomocí jaterních enzymů, a tak jej za vzniku thiokyanátu detoxikovat. Zásoby síry ale nejsou dostatečné a brzy dochází k jejich vyčerpání. Jedna z možností terapie je tedy její dodání ve formě *thiosíranu sodného*. Nejčastěji využívanou metodou je terapeutická methemoglobinémie. Kyanidový ion má vysokou afinitu k Fe^{3+} methemoglobinu. Velmi rychle dojde k jejich vazbě, a tak vytvoření kyanmethemoglobinu. Methemoglobin vychytá ionty kyanidu i z mitochondrií. Pro terapeutickou methemoglobinemii je používáno antidotum *4-dimethylaminofenol* nebo *dusitany*. Nově využívanou terapeutickou metodou je vazba kyanidového iontu na *hydroxykobalamin*. Výsledkem je cyanokobalamin. Tato léčba je na rozdíl od předchozí bez rizika, její nevýhoda ale spočívá v mnohem vyšší finanční náročnosti [8, 9].

Základem při terapii otravy kyanovodíkem je rychlost. Je třeba postiženého vynést ze zamořeného prostředí. Pokud nedýchá, pak zahajujeme řízenou ventilaci. Je-li pacient při vědomí, není třeba aplikování antidot. Antidotum volby je *hydroxykobalamin* v dávce 4–10 g i.v. Není-li k dispozici, používá se *4-DMAP*. Ten je ale přísně kontraindikován při otravách zplodinami hoření, protože se obvykle jedná o smíšené otravy s oxidem uhelnatým. Tato

antidota působí velmi rychle. Pomalejším antidotem je *natrium thiosulfat*. To se podává v dávce 4-12 g i.v [9].

Sulfan

Sulfan (H_2S) neboli sirovodík je plyn bez barvy zapáchající po zkažených vejcích. Tento typický zápach je ovšem rozeznatelný pouze v nižších koncentracích, ve vyšších dochází k paralýze olfaktorického nervu a otupění čichu. Jeho relativní hustota je 1,19, a je tak těžší než vzduch. Sulfan přirozeně vzniká bakteriálním rozkladem bílkovin a je běžně produkován různými průmyslovými činnostmi. Vyskytuje se například při zpracování gumy, při organických syntézách, při vulkanizaci gumy nebo při výrobě koksu z uhlí. Sulfan se v přírodě vyskytuje v sopkách, jeskyních a v podzemních zdrojích zemního plynu [4, 8, 9].

Sulfan, stejně jako kyanovodík, brání *oxidaci cytochromoxidázy v mitochondriích* a brání tak využití buňkami kyslíku z arteriální krve. Při inhalačních otravách je velmi rychle distribuován do tkání. Inhibice cytochromoxidázy a následná buněčná hypoxie není jediný toxický účinek, který sulfan na organismus má. Ovlivňuje také uvolňování neurotransmiterů mozku a přenos draslíkovým kanálem [4, 8, 9].

Dráždí sliznice zejména pak spojivky a dechové cesty. Spolu s oxidem uhelnatým a oxidem dusnatým mají vasodilatační a myorelaxační účinky. Vlivem toho má také i některé pozitivní účinky. Zlepšuje migrény, poruchy erekce a při infarktu zvyšuje pravděpodobnost přežití. V praxi se ale pro velkou toxicitu nepoužívá [4, 8, 9].

Při akutní otravě sulfanem dochází ke dráždění spojivek, iritaci horních cest dýchacích až pneumonitis či plicní edém. Mezi hlavní a více nebezpečné ale patří účinky způsobené inhibicí cytochromoxidázy. Ta se projevuje bolestmi hlavy, nauzeou až zvracením, zmateností, dostavují se křeče až komatózní stav. Při masivním vystavení sulfanu dochází takřka okamžitě k selhání kardiovaskulárního systému, apnoe a bleskové smrti. Při časté expozici H_2S dochází k iritaci očí, která vede ke keratitidě [8, 9].

Při intoxikaci sulfanem je základem terapie podání *100% kyslíku* inhalačně a péče o životní funkce. Je také možné pacienta umístit do *hyperbarické komory*. Nutné je brát v potaz možnost rozvoje plicního edému a následně jej řešit. U vážnějších otrav je vhodné podat antidotum *hydroxykobalamin*, jehož účinnost se prokázala při experimentech

na myších a, zejména pro malou míru nežádoucích účinků, není třeba se jeho podání obávat. Stejně jako u otrav kyanovodíkem by se nabízelo podání methemoglobinizujících antidot či natrium thiosulfátu, v těchto případech ale není účinek prokázán a podání s sebou může nést nežádoucí účinky v podobě snížení tlaku a zhoršeného transportu kyslíku, proto se k jejich podání nepřistupuje [9].

Organofosfáty

Organofosfáty, mezi něž patří například dimethoat, parathion, chlorpyrifos, fenitrothion, diazinon a podobně, jsou pro svoji vysokou toxicitu nejobávanějšími *insekticidy*. Mechanismus, díky němuž způsobují intoxikaci organismu, spočívá v *inhibici acetylcholinesterázy*. V naší společnosti je přístup k organofosfátovým insekticidům omezen. Pokud ovšem dojde k otravě, pacient vyžaduje neodkladný zásah a následný dlouhodobý pobyt na lůžkách intenzivní péče. Mnohem větším problémem je zneužívání organofosfátů při teroristických útocích, kdy jimi pachatelé mohou trávit obyvatelstvo třeba přidáním do vody nebo do mouky, z níž se posléze připravuje pečivo [8].

Organofosfáty jsou *estery kyseliny fosforečné* a síry, případně kyslíku. Při intoxikaci způsobují ireverzibilní inhibici acetylcholinesterázy. Následně se začne kumulovat acetylcholin a dochází k poruše přenosu vzruchu na nervových synapsích. Vytvoření nové acetylcholinesterázy trvá mnohdy až 60 dní. Krom acetylcholinesterázy inhibují organofosfáty i butyrylcholinesterázu, její funkce ale není příliš známá a akutní dopady této inhibice nejsou nikterak podstatné [8, 9].

Klinický obraz otravy organofosfáty vyplývá z nadměrné stimulace muskarinových a nikotinových cholinergních receptorů. U akutní intoxikace z *muskarinových příznaků* pozorujeme miózu, poruchy akomodace, zvýšené slzení, slinění a pocení. Dále se vyskytuje bronchospasmus, vyšší tvorba bronchiálního sekretu, zvracení, průjem, inkontinence moči. Se zvýšeným tonem parasymptiku je také spojena hypotenze a bradykardie [8, 9, 10, 17].

Na *nikotinových receptorech* se vyšší koncentrace acetylcholinu projevuje tremorem, ochablostí, svalovými fascikulacemi, objevují se křeče a dochází k postupné paralýze všech svalů včetně bránice. Při intoxikaci také dochází k vývoji *centrálních příznaků*. Pacient je úzkostný a emočně labilní, dezorientovaný, neodpovídá. Postupně dochází až k poruchám vědomí a hybnosti a depresi dechových a kardiovaskulárních center. Rychlost, s jakou se

příznaky začínají objevovat, závisí na cestě vstupu do organismu a metabolických vlastnostech uvažované látky. Při vstupu do těla spojivkovým vakem se dostávají první projevy již po 30 sekundách [8, 9, 10, 17].

U dlouhodobého či opakovaného vystavení organofosfátům dochází k chronické otravě. Ta se projevuje stejně jako akutní s tím rozdílem, že se zde ještě navíc může vyskytnout *pozdní neuropatie*. Ta se projevuje křečovitými bolestmi v lýtkách, necitlivostí a paresteziemi v nohou, případně i v rukách. Člověk při intoxikaci organofosfáty umírá většinou na respirační selhání, způsobené depresí dechového centra, bronchiální hypersekrecí, edémem plic, bronchokonstrikcí a parézou dýchacího svalstva. Dalším důvodem úmrtí bývá srdeční arytmie. Pokud není známá příčina vyskytujících se příznaků, je velmi těžké stanovit diagnózu. Příznaky velmi často ukazují spíše na cévní mozkovou příhodu či na infekční onemocnění [4, 8, 9, 10].

Při poskytování pomoci člověku postiženému otravou organofosfáty je třeba použít *ochranné pomůcky*, protože může dojít k ohrožení zachránců. Lékem první volby při otravě organofosfáty je *atropin*, který blokuje pouze muskarinové příznaky, avšak není schopen ovlivnit interakci organofosfátu a acetylcholinesterázy. Před podáním je nutno aplikovat *kyslík*, protože v případě hypoxie hrozí reálné nebezpečí vzniku ventrikulární fibrilace. U otravy organofosfáty se při podání atropinu nerespektuje maximální terapeutická dávka, dávky se pohybují v rozsahu až 30-100 mg [9, 10, 11, 17].

U intoxikovaných je možné zahájit i kauzální terapii, při níž dochází k návratu normálního cholinergního přenosu. Pro tu se používají reaktivátory acetylcholin esterázy, z nichž jsou nejčastěji využívány *pralidoxim*, *2-PAM* a *obidoxim*. Armáda je pro tyto účely vybavena autoinjektorem s názvem ComboPen, který obsahuje kombinaci atropinu s obidoximem. Jeho podání má smysl zejména do 6 hodin, případně do 20 hodin od expozice organofosfátům. Pozdější podání nemá již žádný užitek, protože komplex organofosfátu s enzymem „stárne“ a acetylcholinesteráza je ireverzibilně inaktivovaná. Při léčbě akutních otrav je zejména důležitá péče o vitální funkce. Běžně se v praxi také zahajuje antikonvulzivní terapie jako prevence vzniku tonicko-klonických generalizovaných křečí. Zástupcem léků této skupiny je zejména *diazepam* v dávce 10 mg i.m. Další léčba je již pouze symptomatická [9, 10, 11, 17].

2.3.2 Bojové chemické látky

Bojové chemické látky provázejí lidstvo již od samého počátku. Již v dávných dobách byly používány pro válečné účely různé toxické látky. Zásadní přelom v užívání bojových chemických látek ale nastal během minulého století v první světové válce, kdy byly nasazeny bojové látky v širší míře. Bohužel ani v dnešní době není užití bojových chemických látek vyloučeno. Látky tohoto typu mohou být zneužity různými teroristickými organizacemi (jak se již v posledních pár dekádách několikrát stalo). Ostražitost a připravenost na možné použití bojových chemických látek je tedy plně na místě [4, 13].

Nervově paralytické látky

Nervově paralytické látky jsou nejpoužívanější a zároveň nejnebezpečnější skupinou bojových chemických látek. Jsou to vysoce toxické kapaliny, které se nejčastěji využívají ve formě aerosolů nebo par. Z chemického hlediska se jedná o organofosfáty, kterými se tato práce již zabývá v předchozí kapitole. Pro bojové situace se z organofosfátů využívá zejména tabun, sarin, soman a látka VX [4, 8, 10, 11].

Zpuchýřující látky

Zpuchýřující látky, jak již název napovídá, primárně vytvářejí puchýře na povrchu lidského těla. Byly využity za první i druhé světové války. Nejvýznamnějšími zástupci jsou yperity a lewisit [8, 10, 11].

Yperit je žlutě až hnědě zbarvená kapalina. Jeho zápach připomíná hořčici (z toho je vyvozen anglický název „sulfur mustard“, do češtiny přeložitelný jako „sirná hořčice“), česnek nebo křen. Yperit začíná tuhnout při teplotě 13,9 °C, proto bývá často směřován s dalšími látkami (chlorpikrin, lewisit). Mezi orgány, které bývají yperitem nejčastěji postiženy, patří oči, kůže a dýchací soustava. Míra postižení kůže se odvíjí od doby expozice. V postižené oblasti se nejprve objevuje erytém, dále pokračuje výsev puchýřků a dochází až ke vzniku nekrózy kůže. Při zasažení kůže yperitem v plynném skupenství vznikají většinou popáleniny prvního či druhého stupně, v případě kapalného yperitu je kůže poškozena v celé tloušťce. Yperit proniká oblečením. Zasažení očí se projevuje bolestí, miózou, fotofobií, slzením, zastřeným viděním a poškozením rohovky. Po inhalaci yperitu dochází k postupnému rozvoji tracheobronchitidy projevující se kašlem, bolestí v krku, chraptěním

a pocitem tlaku na hrudi. V nejzávažnějších případech vzniká i bronchospasmus a bronchiální obstrukce [8, 10, 11].

Při přístupu k postiženému yperitem je primárním opatřením včasná dekontaminace. Pokud byl člověk po určitou dobu vystaven působení yperitu, důsledkům interakce již nelze zabránit, nicméně i pozdní dekontaminace má smysl a může rozvoj příznaků alespoň zmírnit. Další léčba je převážně symptomatická [8].

Lewisit je kapalina vonící po muškátu. Oproti yperitu je stabilnější, jeho účinky na organismus jsou ale velmi podobné. Také poškozují kůži a sliznice, způsobuje poškození dýchacích cest a vznik puchýřů. *Lewisit* ale na rozdíl od yperitu způsobuje zranění, která přicházejí s okamžitou bolestí. Léčba po zasažení *lewisitem* spočívá v časném transportu ze zamořeného prostředí, dekontaminaci a aplikaci antidota. Tím je 2,3-disulfanylpropan-1-ol, jinak také označovaný jako *BAL* (z anglického British anti-Lewisite) či *dimercaprol* (DMP) [8, 11].

Dusivé látky

Dusivé látky mají schopnost zvyšovat permeabilitu alveolokapilární membrány s následným vznikem toxického edému plic. Důsledkem je porucha výměny plynů na alveolokapilární membráně. Vzniká parciální až globální respirační insuficience. Při otravě dusivými látkami dochází ke dráždivému kašli, dušnosti, pálení na hrudi, slzení, pálení očí, bolesti hlavy, suchu v ústech a nevolnosti. Typickými zástupci dusivých látek jsou *fosgen*, *chlor* a *chlorpikrin* [8, 10, 11].

Fosgen je kapalina, buď bezbarvá, nebo se objevuje jako bílý dým. Voní po seně. Má vyšší hustotu než vzduch, a tak dochází k jeho hromadění v níže položených místech, sklepech a podobně. Další dusivou látkou je *chlor*, který má žlutozelenou barvu, má vyšší hustotu než vzduch a je charakteristický pro svůj dráždivý až dusivý zápach. Není hořlavý. Posledním významným zástupcem této skupiny je *chlorpikrin*, kapalina vyznačující se zápachem po myšíně. Byl používán za první světové války a také ke stabilizaci yperitů, aby při nižší teplotě nedocházelo k jejich tuhnutí [8, 10, 11].

Při postižení dusivými látkami je v první řadě, stejně jako u ostatních otrav, důležité vynést jedince ze zamořeného prostředí. Další postup závisí na aktuálním stavu postiženého. Pokud nedýchá, zahajuje se umělá plicní ventilace [10, 11].

Základem terapie je aplikace *kyslíku*, dokud nezmizí cyanóza. Pro podporu dýchání umělou plicní ventilací je možné podat například *aminophyllin* a pro snížení návratu krve k pravému srdci krátkodobě podvázat končetiny. Léčba je symptomatická. Při hypotenzi se aplikují krystaloidy nebo koloidy, při plicním edému se osvědčují vysoké dávky kortikoidů. U všech postižených se preventivně podávají antibiotika. Antidota pro otravu těmito látkami v současné době neexistují [10, 11].

Všeobecně jedovaté látky

Mezi všeobecně jedovaté látky patří zejména kyanovodík případně jeho soli, o kterých již byla řeč v předchozí části této práce. Nyní jim tedy již nebude věnována více věnována pozornost [10, 11].

Dráždivé látky

Dráždivé látky samy o sobě do vysoce nebezpečných látek nepatří, protože jejich toxicita vede pouze ke krátkodobému poškození zdraví člověka. Pro úplnost této kapitoly jim ale bude krátce věnována pozornost. Běžně jsou využívány policií a armádou pro urovnání nepokojů (v anglickém jazyce se proto pro tyto látky ujalo dvojí označení – „*lachrymatory agents*“ = slzotvorné látky a „*riot control agents*“ = látky ovládající nepokoje). Cílem jejich použití tedy není zneškodnit nepřítele, ale potlačit nepokoje, vyvolat paniku, případně také mohou sloužit jako prostředky osobní ochrany. Příznaky zasažení dráždivými látkami většinou spontánně vymizí při pobytu na čerstvém vzduchu, základem terapie je tedy zejména transport ze zamořeného prostředí. Jedná se většinou o pevné látky, které jsou do okolí šířeny ve formě aerosolů, případně dýmu či mlhy. Nejvýznamnějšími zástupci této skupiny jsou *chloracetonfenon*, *2-chlorbenzalmalondinitril*, *difenylaminchlorarzin* a *dibenzo-1,4-oxazepin* [8, 10, 11].

Psychoaktivní látky

Psychoaktivní látky neboli také *psychicky zneschopňující látky* ovlivňují kognitivní funkce člověka, vyvolávají emoční změny, aniž by při tom nějak závažněji poškozovali kvantitativní část vědomí. Tyto látky mohou být použity ve formě aerosolů a par, mohou být šířeny vodou či potravinami a při smíchání s vhodným rozpouštědlem pronikají i přes kůži [10].

Prvním zástupcem této skupiny je *dietylamid kyseliny lysergové (LSD)*. Nejmarkantnějším příznakem otravy LSD je zrychlení myšlenkových pochodů (je možné hovořit až o myšlenkovém trysku). Vznikají halucinace, poruchy vyjadřování a řeči. LSD má vliv i na emoce postiženého, který je následně velmi euforický nebo naopak v depresi. Tento stav mohou dále provázet záškuby svalů lýtek, očních víček či tváří. Člověku stoupá srdeční akce, dochází k hypertenzi, zvýšené salivaci a pocitu horka. V některých případech může dojít i k tremoru až křečím. Je velmi neobvyklé, aby sama otrava touto látkou vedla k nějakému závažnějšímu poškození zdraví či dokonce smrti. Pokud k něčemu podobnému dojde, pak je to většinou způsobené člověkem samotným z důvodu jeho rozdílného vnímání reality. Prvotním bodem v přístupu k takovému pacientovi je tedy observace, aby si svým zapříčiněním neublížil na zdraví. Je také možné podat neuroleptika, která antagonizují účinky psychických, ale i vegetativních příznaků [10].

Dalším zástupcem je *BZ látka*, celým názvem 3-chinuklidyl benzilát. Jedná se o stabilní bezbarvý prášek. Má účinky typické pro *anticholinergika*, které se začínají projevovat po půl hodině od působení s vrcholem za čtyři až osm hodin a mohou zůstat i v řádu několika dní. To se odvíjí od množství a doby působení. Mezi příznaky patří tachykardie, zčervenání v obličeji, snížené slinění, třes prstů, mydriáza se zpomalenou fotoreakcí, retence moči a stolice. Dochází k deliriu, kdy se u člověka vyskytují různé halucinace. Po fázi deliria nastupuje letargická fáze, kdy je postižený somnolentní až soporózní, strnulý a zvýšeně unavený [8, 10].

Při přístupu k postiženým je stejně jako u většiny případů poškození zdraví chemickými látkami primární *transport* ze zamořeného prostředí, v tomto případě ještě za *využití ochranné masky*. Jako antidotum je možné použít *fyzostigmin* v dávce 2 až 4 mg intravenózně či intramuskulárně. U excitovaných osob je také možné podat *diazepam* pro jejich trankvilizaci [8, 10].

2.3.3 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý (CO) je nedráždivý plyn bez barvy, chuti i zápachu. Je lehčí než vzduch. Oxid uhelnatý vzniká nedokonalým hořením všech látek obsahujících uhlík, tedy všech organických látek, zejména je-li teplota příliš nízká, není-li zajištěn dostatečný přívod kyslíku nebo při příliš krátkém času hoření. Běžně dochází k intoxikacím v domácnostech, kde je umístěno zařízení pro topení či ohřev vody (pro které se zažil výraz „karma“) ve špatně odvětrávaných místnostech, například koupelnách. Dalším zdrojem mohou být nakumulované výfukové plyny z benzinových nebo dieslových motorů například v garážích či ve výrobních halách. Oxid uhelnatý se také vytváří v krbech a ohništích, kde není zajištěn dostatečný přívod kyslíku. V místnostech, kde se takový krb nachází, pak dochází k jeho hromadění. Ke vzniku CO taktéž dochází při požárech uvnitř budov spolu i s jinými plyny vznikajícími jako produkty hoření [8, 9, 14, 15].

Otrava oxidem uhelnatým je v Evropě a Severní Americe statisticky nejčastější příčinou náhodných otrav. Je to zřejmě způsobeno neschopností detekovat jeho přítomnost lidskými smysly. *Příznaky otravy* CO jsou nespecifické, proto je obtížná diferenciální diagnostika. Často dochází k záměně s virovým onemocněním, psychiatrickými onemocněními, gastroenteritidami, potravinovými či alkoholovými intoxikacemi apod. V literatuře [14, 15] je uvedeno, že minimálně 30 % otrav CO zůstává nerozpoznáno [8, 9, 14, 15].

Po inhalaci je okamžitě vstřebán a transportován krví, převážně hemoglobinem, který tak tvoří tzv. *karbonylhemoglobin (COHb)*. Oxid uhelnatý má údajně 200krát až 250krát vyšší afinitu k hemoglobinu než kyslík. To vede ke snížení schopnosti hemoglobinu transportovat kyslík k buňkám. Se zvyšováním koncentrace CO v krvi se posouvá disociační křivka oxyhemoglobinu vlevo, což vede *ke ztíženému* uvolňování kyslíku do tkání. Krev v žilách je proto jasně červená a s tím je spojeno i zrudnutí kůže. Okolo patnácti procent oxidu uhelnatého obsaženého v organismu je navázáno na myoglobin a cytochrom dýchacích řetězců v mitochondriích. Míra poškození zdraví je dána zejména koncentrací oxidu uhelnatého v ovzduší, dobou expozice, věkem a zdravotním stavem postiženého, ale také mírou fyzické zátěže při pobytu v kontaminovaném prostředí. Otrava CO se nejprve projeví postižením orgánů, které mají vysoké nároky na kyslík, zejména srdce a mozek [8, 9, 15].

Počáteční příznaky otravy oxidem uhelnatým jsou nespecifické a velmi snadno může dojít k záměně s běžným virovým onemocněním. Nejprve se objevuje bolest hlavy, která je stále trvající, tupá a vyskytuje se zejména ve frontální části hlavy, dále nauzea a závratě. Delší expozice oxidu uhelnatému vede k vývoji příznaků souvisejících s nedostatkem kyslíku. V srdci se projevuje vznikem anginózních bolestí, častých předčasných stažení komor a jiných komorových arytmií. Snižuje se ejekční frakce a tím stoupá při laboratorním vyšetření nález troponinu v krvi. Nejcitlivějším systémem na otravu oxidem uhelnatým je centrální nervová soustava. Vedle již zmíněných bolestí hlavy a závratí se intoxikace CO projevuje ataxií, synkopami, vznikem křečí a kvantitativních poruch vědomí. Postupně se rozvíjí respirační alkalóza a metabolická acidóza zapříčiněná hromaděním laktátu, který vzniká v důsledku tkáňové hypoxie. Otrava oxidem uhelnatým dále může způsobovat plicní edém a renální selhávání. Po expozici CO se také mohou opožděně projevit příznaky, většinou až během dvou až čtyřiceti dní od otravy. Patří mezi ně rozvíjející se demence, psychózy, parkinsonismus, paralýzy, chorea, apraxie a agnosie, periferní neuropatie a inkontinence. U dětí se mohou projevit poruchy učení a chování. Pro hodnocení míry postižení na základě příznaků se používá tzv. Ostravská klasifikace, která rozděluje postižení do čtyř stupňů [8, 9, 14].

Tabulka 1 Ostravská klasifikace otravy CO

| Stadium | Vědomí | Neurologický nález | Vegetativní poruchy | Oběh | Dýchání |
|---------|-------------------|---|--------------------------------|--|----------------|
| I. | Při vědomí | Negativní | Bolest hlavy, nauzea, zvracení | Beze změn | Beze změn |
| II. | Při vědomí | Pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky | Bolest hlavy, nauzea, zvracení | Beze změn | Beze 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 | Hypoventilace |

Při vykonávání některých profesí se pracovníci nevyhnou opakované expozici nízkým dávkám oxidu uhelnatého. U těchto lidí následně dochází k chronické otravě projevující se bolestmi hlavy, poruchami kognitivních funkcí, závratěmi a nauzeou. Jiné zdroje uvádějí i změny osobnosti a chování, dokonce až agresivitu, podrážděnost či náládovost [8, 9].

Při podezření na otravu CO je nezbytné pro potvrzení diagnózy stanovit hladinu COHb. Tu je možné určit laboratorně z odebrané krve, z výdechu použitím speciální detekční trubičky nebo také neinvazivně měřením CO-saturace spektrofotometrickou metodou. V současné době jsou již některé posádky zdravotnické záchranné služby vybaveny CO-oxymetry. U člověka, který nebyl vystaven oxidu uhelnatému, je obvyklá saturace karboxylhemoglobinu mezi nulou až pěti procenty, u kuřáků se tato hodnota může pohybovat až okolo desíti procent. COHb sice přináší informaci, kolik hemoglobinu je saturováno oxidem uhelnatým, na základě této hodnoty ale nelze vyvozovat závažnost poškození a prognózu. Při vyšetřování saturace hemoglobinu kyslíkem neinvazivně i z krevní plazmy jsou udávány falešně vysoké hodnoty, měření SpO₂ proto není vhodné používat pro potvrzení otravy CO. Při stanovování hladiny COHb invazivními metodami je třeba vzorek krve odebrat co nejdříve od expozice oxidu uhelnatému, protože při pobytu na čerstvém vzduchu se tato hodnota mění [8, 9, 14, 15, 16].

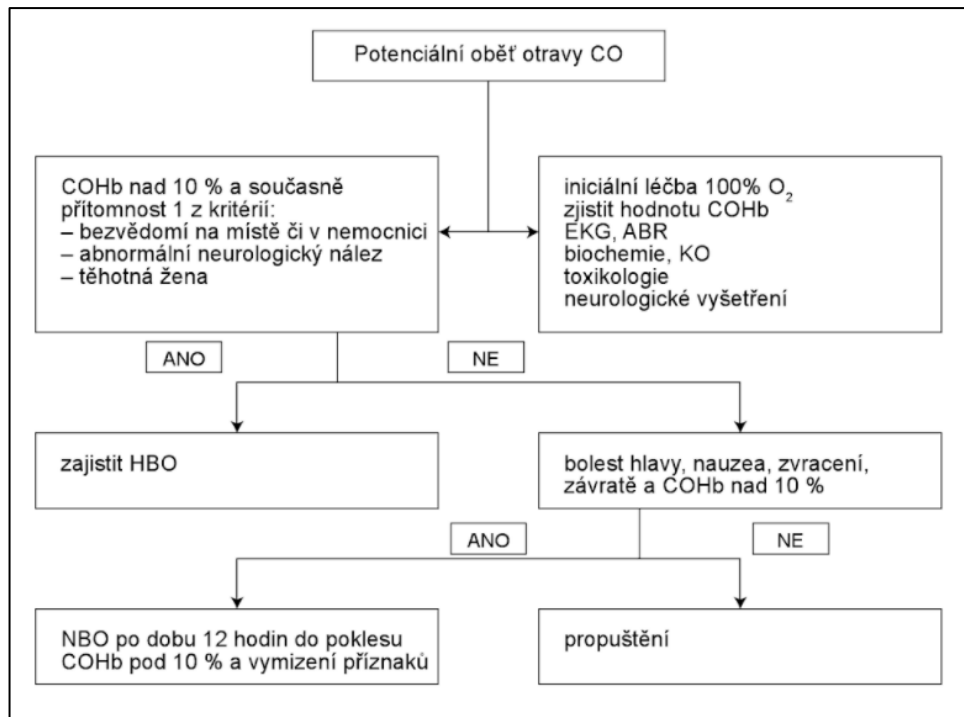
Při léčbě intoxikace je primárně potřeba postiženého *vynést ze zamořeného prostředí*. Při tom je potřeba myslet na zajištění *bezpečnosti zachraňujících*. Při pouhém podezření na výskyt oxidu uhelnatého je třeba dbát opatrnosti, případně si vyžádat součinnost s ostatními složkami integrovaného záchranného systému, zejména hasičským záchranným sborem. Po úspěšném vynesení ze zamořeného prostředí je žádoucí transportovat pacienta zdravotnickou záchrannou službou za *oxygenoterapie* o FiO₂ 1 při užití dobře těsnící masky nebo v případě potřeby tracheální intubace s umělou plicní ventilací a užitím přetlaku na konci výdechu. Další léčba v rámci přednemocniční neodkladné péče je symptomatická [9, 14, 15].

V nemocnici pak dle stavu postiženého pokračuje kauzální terapie, buď jako *normobarická oxygenoterapie*, kdy se využívá stoprocentní kyslík při atmosférickém tlaku, nebo za přetlaku při tzv. *hyperbarické oxygenoterapii (HBO)*. Normobarická oxygenoterapie se využívá u méně závažných postiženích. – I. stupeň dle Ostravské klasifikace. Oxygenoterapie probíhá během minimálně 12 hodin. Způsob aplikace se volí tak, aby bylo

možné podávat pokud možno kyslík o $FiO_2=1$. Jednou z možností je aplikace obličejové masky s rezervoárem za průtoku 15 l/min, případně systémy bez zpětného vdechování (například CPAP maska či těsnící obličejová maska). Hyperbarická oxygenoterapie využívá inhalace kyslíku většinou za tlaku okolo 200-300 kPa. Jejím výsledkem je:

- „*urychlení disociace COHb z 90 minut během NBO na 22 minut během HBO 300 kPa, urychlené nastolení dodávky O₂ do periferních tkání, likvidace tkáňové hypoxie;*
- *urychlení vyvázání CO z vazby na cytochromoxidázu;*
- *redukce mozkového otoku;*
- *zvýšení produkce antioxidantních enzymatických systémů jak přímou cestou, tak časnou aktivací proteinkinázy C (PKC);*
- *utlumení průběhu ischemicko-reperfuzního poranění a snížení lipidové peroxidace“*
[14, str. 157].

Používání hyperbarické oxygenoterapie je indikováno zejména u vážnějších případů a v případech, kde došlo ke ztrátě vědomí, vzniku abnormálního neurologického nálezu nebo u těhotných žen (Obrázek 5). Kyslík se doporučuje aplikovat při tlaku 250 až 300 kPa. Pokud uplynulo více než 24 hodin a postižený nemá příznaky otravy, hyperbarickou oxygenoterapii zpravidla nezačínáme [14, 15].



Obrázek 5 Algoritmus užití NBO a HBO pro otravu CO [14, str. 158]

3 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je komparace vyšetřovacích a terapeutických postupů u poškození zdraví oxidem uhelnatým využívaných v praxi s postupy doporučovanými odbornou literaturou.

4 METODIKA

Pro tuto práci byla zvolena metoda sběru dat ze sedmi kazuistik, ve kterých došlo k poškození zdraví oxidem uhelnatým. Data byla poskytnuta anesteziologicko-resuscitačním oddělením Nemocnice Na Homolce.

Kazuistiky byly sestaveny tak, aby nebylo možné na základě informací v nich poskytnutých identifikovat pacienta a byla tak zajištěna ochrana osobních údajů ve smyslu znění zákona č. 101/2000 Sb.

5 VÝSLEDKY

5.1 Kazuistika 1

Pacientka, 39 let, se koupala v uzavřené koupelně s plynovým spotřebičem pro ohřev vody. Z koupelny vyšla a upadla do bezvědomí. Krátkodobě měla tonicko-klonické křeče. Při příjezdu RLP již byla bez křečí, dýchala spontánně, lékař určil hodnotu GCS na 8. Byla naměřena hodnota COHb 20 %. Po aplikaci O₂ průtokem 12 l/min. stoupl GCS na 11, pacientka se probudila. Lékař RLP spolu s lékařem Nemocnice Na Homolce stanovili indikaci k provedení hyperbarické oxygenoterapie pro intoxikaci CO III° Ostravské klasifikace. Z toho důvodu bylo aplikováno 5 mg Dormica, 300 mg Thiopentalu a 100 mg Suxamethonia a následně byla provedena intubace endotracheální kanylou velikosti 7,5. Dále bylo aplikováno 4 mg Arduanu, 200 mg Thiopentalu a 7,5 mg Dormica. Naměřené hodnoty Zdravotnickou záchrannou službou byly: krevní tlak 110/60 mmHg, P_{ET}CO₂ 37–39 mmHg. RLP transportovala pacientku na anesteziologicko-resuscitační oddělení Nemocnice Na Homolce pro potřebu hyperbarické oxygenoterapie. Zde předala pacientku s hodnotou GCS 3.

Při příjmu byla naměřena hodnota COHb již jen 9 %, podle lékaře indikace k hyperbarické oxygenoterapii ale přetrvávala. Glasgow coma scale mělo hodnotu 8, zornice byly izokorické s normální reakcí na osvit. Orientačně byla neurologicky bez deficitu. Pacientka byla sedována 50 mg Midazolamu v infuzi 100 ml fyziologického roztoku, který byl podáván kontinuálně. Dále byla zavedena kanyla do a. radialis levé strany pro kontinuální invazivní monitoraci krevního tlaku během expozice a permanentní močový katétr. Pacientka byla vystavena hyperbarické oxygenoterapii při přetlaku 1,5 ATA s frakcí kyslíku 1,0. Isokomprese probíhala po dobu 90 minut. Pacientka byla po celou dobu na umělé plicní ventilaci. Expozice proběhla bez komplikací, pacientka byla kardiopulmonálně stabilní.

Tabulka 2 Vyhšetření ABR z arteriální krve po HBO – Kazuistika 1

| | |
|----------------------------|------------|
| pH | 7,372 |
| pCO ₂ (kPa) | 5,72 |
| pO ₂ (kPa) | 18,7 |
| ctHb (g/l) | 133 |
| sO ₂ (%) | 98,9 |
| Hct,c (%) | 40,8 |
| FO ₂ Hb (%) | 96,6 |
| FCOHb (%) | 1,2 |
| FHHb (%) | 1,1 |
| FMetHb (%) | 1,1 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 3,7 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 139 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,25 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 108 |
| cGlu (mmol/l) | 7,7 |
| cLac (mmol/l) | 1,0 |

Po opuštění barokomory byla pacientka neklidná, proto se lékař rozhodl pro jednorázovou aplikaci Propofolu. Pacientka byla přeložena na anesteziologicko-resuscitační oddělení jiné nemocnice, kam byla předána stále na umělé plicní ventilaci s přítomnou dechovou aktivitou. Oběhově byla stabilní, krevní tlak 130/95 mmHg, pulsů 110 za minutu. Pacientka byla detoxikována. Lékařem Nemocnice Na Homolce byla doporučena kontrola neurologického stavu a následná extubace. Další expozice HBO již nebyla potřeba.

Komentář

V první kazuistice je vhodné vyzdvihnout správnou diagnostiku zdravotnických záchranářů. Otrava oxidem uhelnatým se projevuje nespecifickými příznaky, v daném případě křečemi a bezvědomím. Při příjezdu Zdravotnické záchranné služby pacientka již nebyla přítomna v koupelně – upadla při cestě z ní. Pokud by záchranáři neodebrali anamnézu dostatečně, na otravu CO by pravděpodobně ani nepomysleli. Tím, že se ale dozvěděli, že pacientka předtím pobývala v uzavřené místnosti s přítomností plynového ohřívače vody, správně uvážili možnost otravy oxidem uhelnatým, kterou následně potvrdili změřením COHb.

Zdravotničtí záchranáři v tomto případě riskovali. Nevyžádali si při podezření na přítomnost oxidu uhelnatého spolupráci s Hasičským záchranným sborem České republiky a podcenili tak svou vlastní bezpečnost. Pacientka sice již nebyla přítomna v kontaminované koupelně, nicméně oxid uhelnatý se již mohl rozšířit do dalších místností, a tak mohlo dojít i k intoxikaci záchránců.

Použití hyperbarické oxygenoterapie je v tomto případě hraniční. Během předání pacientky v nemocnici byla naměřena hodnota COHb 9 %. Při příjezdu Zdravotnické záchranné služby na místo události nebyla pacientka při vědomí a nenabyla ho po celou dobu jejich činnosti. Nesmíme ale opomenout fakt, že pacientce byla aplikována sedativa pro zajištění dýchacích cest endotracheální kanylou. V některých doporučených postupech je uváděno, že pro zahájení hyperbarické oxygenoterapie by měla hodnota COHb být vyšší než 10 % a měl by být přítomen alespoň jeden z dalších faktorů – těhotenství, abnormální neurologický nález nebo bezvědomí na místě či v nemocnici. Jiná literatura použití HBO nepodmiňuje hladinou karboxylhemoglobinu, v tom případě by bylo pouhé bezvědomí dostatečnou indikací k provedení HBO.

Na laboratorním vyšetření acidobazické rovnováhy po provedené hyperbarické oxygenoterapii je patrna účinnost této metody. Během devadesátiminutové expozice došlo ke snížení karboxylhemoglobinu ze vstupních 9 % na pouhých 1,2 %. Tato hodnota odpovídá populaci žijící ve větších městech. Bylo tedy možné považovat pacientku za plně detoxikovanou bez potřeby další expozice HBO.

5.2 Kazuistika 2

Jedenáctiletá pacientka žijící u prarodičů se sprchovala v koupelně s plynovým spotřebičem na ohřev teplé vody. Byla nalezena prarodiči v bezvědomí s generalizovanými tonickými křečemi. Prarodiče zahájili laickou nepřímou srdeční masáž, při níž se probrala. Na místo byly vyslány posádky RZP i RV. Při příjezdu Zdravotnické záchranné služby na místo události pacientka ležela v posteli, dýchala spontánně. Měla růžovou barvu, byla bez cyanózy. Měla spontánně otevřené oči, ale výzvě nevyhověla, hodnota GCS byla tedy 4-3-4. Zornice měla izokorické se zachovalou fotoreakcí. Dýchání bylo symetrické, alveolární bez vedlejších fenoménů. Vstupně byla naměřena nižší saturace hemoglobinu kyslíkem, hodnota karboxylhemoglobinu byla naopak vysoká – 42 %. Oběhově byla kompenzovaná. Pacientce byl podán kyslík polomaskou s průtokem 8 l/min. Po přesunu do vozu již byla

oslovitelná, spolupracující a orientovaná osobou, místem i časem. Došlo ke zklidnění srdeční akce, vzestupu saturace a poklesu hladiny CO. Zdravotnická záchranná služba zavedla pacientce periferní žilní katétr a podala 100 ml fyziologického roztoku. Po konzultaci s lékařem NNH určili jasnou indikaci k hyperbarické oxygenoterapii (III. stupeň otravy CO dle Ostravské klasifikace) a vezli pacientku s diagnózou „Toxický účinek oxidu uhelnatého (T58)“ na anesteziologicko-resuscitační oddělení již zmíněné nemocnice.

Tabulka 3 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 2

| Stav pacienta | Začátek ošetření | Konec |
|-----------------------|------------------|----------------|
| Závažnost NACA | 4 | 4 |
| GCS | 4,3,4 | 15 |
| TK systolický (mmHg) | 120 | 120 |
| TK diastolický (mmHg) | 70 | 70 |
| Srdeční frekvence | 121‘ | 111‘ |
| SpO ₂ (%) | 92 | 96 |
| Dechová frekvence | 16‘ | 14‘ |
| Pulz | Pravidelný | Pravidelný |
| Bolest | Žádná | Žádná |
| Zornice | Normální | Normální |
| Fotoreakce | Normální | Normální |
| Nevolnost | Bez nevolnosti | Bez nevolnosti |
| Pohyby končetin | Normální | Normální |
| Křeče | Nepřítomny | Nepřítomny |

Při předání byla pacientka již plně při vědomí, oslovitelná, orientovaná a spolupracující. Na epizodu intoxikace a bezvědomí si nevzpomínala. Somaticky byla bez patologického nálezu. Při měření hodnoty karboxylhemoglobinu vyšla hodnota 0,237. Pacientka byla edukována o průběhu hyperbarické oxygenoterapie, došlo k nácviku Valsalvova manévru a následně byla pacientka vybavena cucavým bonbonem.

Tabulka 4 Výšetření ABR z arteriální krve – Kazuistika 2

| Před hyperbarickou oxygenoterapií | | Po hyperbarické oxygenoterapii | |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| pH | 7,386 | pH | 7,376 |
| pCO ₂ (kPa) | 4,86 | pCO ₂ (kPa) | 5,41 |
| pO ₂ (kPa) | 3,46 | pO ₂ (kPa) | 31,6 |
| ctHb (g/l) | 120 | ctHb (g/l) | 120 |
| sO ₂ (%) | 58,4 | sO ₂ (%) | 99,9 |
| Hct,c (%) | 36,9 | Hct,c (%) | 36,9 |
| FO₂Hb (%) | 43,7 | FO₂Hb (%) | 97,7 |
| FCOHb (%) | 23,7 | FCOHb (%) | 1,4 |
| FHHb (%) | 31,1 | FHHb (%) | 0,1 |
| FMetHb (%) | 1,5 | FMetHb (%) | 0,8 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 4,5 | cK ⁺ (mmol/l) | 5,1 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 138 | cNa ⁺ (mmol/l) | 135 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,12 | cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,18 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 110 | cCl ⁻ (mmol/l) | 108 |
| cGlu (mmol/l) | 4,7 | cGlu (mmol/l) | 5,2 |
| cLac (mmol/l) | 2,4 | cLac (mmol/l) | 1,0 |

Expozice hyperbarické oxygenoterapii proběhla bez komplikací, pouze v druhé polovině izokomprese si pacientka stěžovala na bolest hlavy. Byla kardiopulmonálně kompenzovaná. Naměřená hodnota COHb po expozici byla 0,014, která odpovídá běžně naměřeným hodnotám u populace žijící ve velkoměstském prostředí. Pacientce byly změřeny fyziologické funkce – krevní tlak 100/60 mmHg a 80 pulsů za minutu. Po proběhlé hyperbarické oxygenoterapii byla pacientka přeložena cestou RZP do jiné nemocnice k další péči.

Komentář

Podobně jako v předchozím případě nebyla pro zdravotnické záchranáře diagnostika úplně snadná. Pacientka ležela v posteli po proběhlé resuscitaci a epizodě generalizovaných křečí. K podezření na otravu CO mohla záchranáře dovést jednak narůžovělá barva kůže pacientky, která ale sama o sobě také není specifickým příznakem, ale zejména informace získané od prarodičů. Jejich hypotéza pak mohla být potvrzena, když naměřili vysokou koncentraci COHb v krvi.

Po prokázání otravy CO aplikovali zdravotničtí záchranáři kyslík polomaskou o průtoku 8 l/min. Algoritmus léčení otravy oxidem uhelnatým ale uvádí, že již při podezření na intoxikaci by měl být aplikován kyslík o 100 % frakci, které ale při pouhých 8 l/min nelze dosáhnout. Na tomto případě je však i přesto velmi dobře manifestováno, jak již pouhá inhalace kyslíku za normálního tlaku může vést k rapidnímu zlepšení stavu. Pacientka měla poruchu vědomí, byla hyposaturovaná a byla jí naměřena vysoká hodnota COHb. Po inhalaci kyslíku polomaskou došlo velmi rychle k návratu vědomí, dokonce byla pacientka schopná kontaktu a orientovaná. Přesto ale trvala bez pochyby indikace k zahájení hyperbarické oxygenoterapie. Naměřená hodnota COHb v nemocnici byla 0,237 a zároveň byla pacientka na místě v bezvědomí.

Otázkou zůstává, do jakého stupně dle Ostravské klasifikace by bylo vhodné pacientku zařadit. Lékaři byla zařazena do III. stupně. Při tomto rozhodování je zásadní, na základě jakých údajů je pacient do jednotlivých stupňů řazen. První možností by bylo zařadit pacientku do IV. stupně podle výpovědi prarodičů. Nebyla při vědomí a oni prováděli resuscitaci, takže předpokládali srdeční zástavu. Na druhou stranu při příjezdu Zdravotnické záchranné služby už byla spíše somnolentní. Vzhledem k tomu, že zdravotničtí záchranáři pacientku v přechodném stavu neviděli, usuzovali spíše na základě svého pozorování a pacientku zařadili do III. stupně dle Ostravské klasifikace. Pravdou je, že pozorování laicky bývá mnohdy zkresleno, a stavět svůj úsudek na jejich pohledu nemusí být vždy to nejlepší řešení.

Tato kazuistika také potvrzuje fakt, že vysoká počáteční hodnota karboxyhemoglobinu nemusí znamenat špatnou prognózu. Při prvním měření byla saturace COHb 42 %. Vzhledem ale k dalšímu vývoji stavu není důvod se domnívat, že by prognóza nebyla příznivá.

Před expozicí HBO byly pacientce naměřeny vysoké koncentrace karboxyhemoglobinu, deoxyhemoglobinu a laktátu, a naopak nízké hodnoty oxyhemoglobinu. Po proběhlé terapii došlo k upravení těchto hodnot do jejich fyziologických norem – FO₂Hb z 43,7 % na 97,7 %, FCOHb z 23,7 % na 1,4 %, FHHb z 31,1 % na 0,1 % a laktát z 2,4 mmol/l na 1,0 mmol/l.

5.3 Kazuistika 3

Pacientka, 73 let, se koupala ve vaně v uzavřené koupelně s „karmou“. Zhruba po patnácti až dvaceti minutách byla nalezena manželem v hlubokém bezvědomí, který zavolal Zdravotnickou záchrannou službu. Na místo události byla zavolána RZP s lékařem v setkávacím systému Rendez-Vous. Při příjezdu posádky pacientka stále seděla ve vaně v bezvědomí s GCS 3 a saturací hemoglobinu kyslíkem 73 %. Následně byla vytažena z vany a odnesena do větrané místnosti. Porucha vědomí s GCS 3 ale stále přetrvávala, byla zachována spontánní ventilace, ale s nedostatečnou oxygenací – SpO₂ 73 %, glykémie 12,8 mmol/l. Bylo přistoupeno k orotracheální intubaci kanylou č. 8,0 a následně řízené ventilaci se 100 % frakcí kyslíku. Zorničky měla izokorické, velké asi 2 mm, bez reakce na osvit. Dýchání alveolární s přítomností vrzotů, akce srdeční pravidelná 96 pulsů za minutu, krevní tlak 128/86 mmHg. Břicho měkké, prohmatné. Dolní končetiny bez otoků s přítomností známek chronické žilní insuficience. Neurologicky přetrvávalo hluboké bezvědomí bez reakce na bolest. Na místě byla přítomna i posádka Hasičského záchranného sboru České republiky, která změřila koncentraci oxidu uhelnatého v ovzduší, která dosahovala více než 100 ppm. Posádka ZZS natočila EKG, zavedla periferní žilní katétr velikost 18G do pravé horní končetiny a aplikovala před intubací Dormicum 5 mg, Arduan 8 mg, Succinylcholinjodid 100 mg a fyziologický roztok 100 ml. Po provedené intubaci dále aplikovala 500 ml Hartmannova roztoku. Zavedla nasogastrickou sondu a permanentní močový katétr velikosti 18 Charrière.

Tabulka 5 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 3

| | Začátek ošetření | V průběhu | Konec |
|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| TK (mmHg) | 128/86 | 130/80 | 115/75 |
| P (/min) | 96 [‘] | 95 [‘] | 95 [‘] |
| SpO ₂ | 73 % | 92 % | 95 % |
| GCS | 3 | 3 | 3 |
| DF (/min) | 18 | 12 | 12 |
| TT | 36,1 °C | - | - |
| Glykemie | 12,8 mmol/l | - | - |
| EtCO ₂ (mmHg) | 30 | 32 | - |

Pacientka byla transportována na anesteziologicko-resuscitační oddělení nemocnice v Litomyšli, kde začínala reagovat na odsávání, ale pro nutnost provedení hyperbarické oxygenoterapie byl odeslána do Nemocnice Na Homolce. Při příjmu lékař stanovuje GCS na 6 bodů s cílenou reakcí na bolest, pro převoz byla tlumena. Byla lehce hypotermní. Zornice byly izokorické a miotické, proto nebylo možné hodnotit reakci na osvit. Pacientka dýchala spontánně, hrudník se zvedal symetricky. Poklep plný jasný, poslechově sklípkové dýchání s vrzoty zvláště vlevo. Saturace kyslíku hemoglobinem dosáhla hodnoty 100 %. Akce pravidelná - 68 pulsů za minutu, krevní tlak 105/60 mmHg. Před provedením hyperbarické oxygenoterapie naměřeno COHb 11,9 %. Byla provedena jedna expozice trvající 60 minut s přetlakem 1,5 ATA, během níž byla sedována Dormicem, celkem 20 mg.

Tabulka 6 Vyšetření ABR z arteriální krve – Kazuistika 3

| Před hyperbarickou oxygenoterapií | | Po hyperbarické oxygenoterapii | |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|------------|
| pH | 7,355 | pH | 7,321 |
| pCO ₂ (kPa) | 5,68 | pCO ₂ (kPa) | 6,12 |
| pO ₂ (kPa) | 4,48 | pO ₂ (kPa) | 23,3 |
| ctHb (g/l) | 112 | ctHb (g/l) | 114 |
| sO ₂ (%) | 62,2 | sO ₂ (%) | 99,4 |
| Hct,c (%) | 34,6 | Hct,c (%) | 35,3 |
| FO ₂ Hb (%) | 57,8 | FO ₂ Hb (%) | 95,0 |
| FCOHb (%) | 11,9 | FCOHb (%) | 3,5 |
| FHHb (%) | 35,1 | FHHb (%) | 0,6 |
| FMetHb (%) | 0,9 | FMetHb (%) | 0,9 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 3,4 | cK ⁺ (mmol/l) | 3,4 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 136 | cNa ⁺ (mmol/l) | 136 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,17 | cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,18 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 105 | cCl ⁻ (mmol/l) | 106 |
| cGlu (mmol/l) | 8,5 | cGlu (mmol/l) | 8,1 |
| cLac (mmol/l) | 1,8 | cLac (mmol/l) | 0,6 |

Po ukončení expozice byla výsledná hodnota karboxylhemoglobinu 3,5 % a byla podána 1 ampule Anexate. Na výzvu již otvírala oči, dokonce vyplázla jazyk. Došlo k extubaci, pacientka však byla nadále soporózní. Z NNH byla převezena zpět do nemocnice v Litomyšli, pro převoz byla opět zaintubována za užití Propofolu a Suxamethonia.

Komentář

Diagnostika otravy CO by nebyla v tomto případě sama o sobě takový problém. Pacientka ležela ve vaně v hlubokém bezvědomí v uzavřené místnosti s přítomností plynového ohřívače vody. Posádka Zdravotnické záchranné služby zřejmě ale neměla žádný prostředek pro potvrzení této hypotézy, proto nedošlo ke změření hodnoty COHb u pacientky. Bylo tedy správné pátrat po případném dalším důvodu poruchy vědomí, když se po transportu ze zamořené místnosti stav pacientky nelepšil. Zdravotníci záchranáři změřili hladinu glykemie, která plně nezdůvodňovala alteraci vědomí pacientky. Potvrzení otravy CO umožnilo až měření hasičů, kteří v místnosti zjistili zvýšenou koncentraci oxidu uhelnatého. Vyžádání součinnosti Hasičského záchranného sboru při podezření na výskyt CO bylo plně na místě.

Rozhodnutí pro zahájení CO bylo jasně indikováno. Při příjezdu do nemocnice měla pacientka 11,9 % COHb v krvi a stále trvající bezvědomí. Rozhodnutí lékaře v tomto případě koreluje se všemi doporučenými postupy.

Pro tuto kazuistiku nám bylo poskytnuto dostatečné množství dat pro provedení komparace vyšetření acidobazické rovnováhy před hyperbaroxoterapií a po jejím ukončení. Při vstupním vyšetření bylo naměřeno FCOHb 11,9 % a FHb 35,1 %. Po absolvování terapie byly pacientce naměřeny tyto hodnoty podstatně nižší – FCOHb 3,5 % a FHb 0,6 %. Hodnota karbonylhemoglobinu byla stále ještě mírně zvýšená, ale vzhledem k předchozí vysoké koncentraci došlo k výraznému poklesu.

5.4 Kazuistika 4

Padesáti tří letá pacientka večer topila v kamnech se svým přítelem v rodinném domě. V noci byla malátná a unavená. Cestou na toaletu upadla a byla v bezvědomí. Dále si časové údaje nepamatuje. Když se probudila, našla, tou dobou již mrtvého, přítele. Snažila se mu pomoci, a tak zavolala Zdravotnickou záchrannou službu. Na místo byly vyslány posádky RZP i RV. Při příjezdu byla při vědomí, ale zmatená. Pro agitaci bylo podáno 5 mg Midazolamu. Dýchala zrychleně, bez dušnosti. Dýchání sklípkové, akce srdeční pravidelná, tachykardie 140-150 pulsů za minutu. Krevní tlak 110/70 mmHg, saturace kyslíkem 95 %. Byla změřena hodnota pCO 25 %. Posádkou ZZS byla zavedena kanyla 20G, podáno 500 ml fyziologického roztoku a aplikován kyslík polomaskou s frakcí 70-80 %. Lékař ZZS se spojil

s lékařem Nemocnice Na Homolce a společně indikovali léčbu hyperbarickou oxygenoterapií.

Tabulka 7 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 4

| Stav pacienta | Začátek ošetření | Konec |
|-----------------------|------------------|------------------|
| Závažnost NACA | 3 | 3 |
| GCS | 4,4,6 | 3,4,5 |
| TK systolický (mmHg) | 110 | 110 |
| TK diastolický (mmHg) | 60 | 60 |
| Srdeční frekvence | 130 [‘] | 133 [‘] |
| SpO ₂ | 95 % | 100 % |
| Dechová frekvence | 18 [‘] | 14 [‘] |
| Bolest | Žádná | Žádná |
| Zornice | Normální | Normální |
| Fotoreakce | ++ | ++ |
| Nevolnost | Bez nevolnosti | Bez nevolnosti |
| Pohyby končetin | Normální | Normální |
| Křeče | Nepřítomny | Nepřítomny |

Při příjezdu do Nemocnice Na Homolce byla pacientka somnolentní a schopná spolupráce. Dýchala spontánně, dýchací cesty udržela bez problémů průchodné. Při měření COHb byla naměřena hodnota 22,5 %. Byla provedena hyperbarická oxygenoterapie po dobu 90 minut za užití přetlaku 1,5 ATA v atmosféře 100 % kyslíku. Po edukaci snášela kompresi bez obtíží, jen si stěžovala na mírné bolesti v uchu. Po ukončení expozice byla naměřena hodnota COHb 1,4 %.

Tabulka 8 Vyšetření ABR z venózní krve – Kazuistika 4

| Před hyperbarickou oxygenoterapií | | Po hyperbarické oxygenoterapii | |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| pH | 7,185 | pH | 7,309 |
| pCO ₂ (kPa) | 4,78 | pCO ₂ (kPa) | 4,76 |
| pO ₂ (kPa) | 1,71 | pO ₂ (kPa) | 3,06 |
| ctHb (g/l) | 131 | ctHb (g/l) | 132 |
| sO ₂ (%) | 25,9 | sO ₂ (%) | 37,8 |
| Hct,c (%) | 40,4 | Hct,c (%) | 40,6 |
| FO ₂ Hb (%) | 19,8 | FO ₂ Hb (%) | 36,8 |
| FCO₂Hb (%) | 22,5 | FCO₂Hb (%) | 1,4 |
| FHHb (%) | 56,8 | FHHb (%) | 60,5 |
| FMetHb (%) | 0,9 | FMetHb (%) | 1,3 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 4,1 | cK ⁺ (mmol/l) | 3,9 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 141 | cNa ⁺ (mmol/l) | 140 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,19 | cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,16 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 118 | cCl ⁻ (mmol/l) | 118 |
| cGlu (mmol/l) | 5,3 | cGlu (mmol/l) | 4,9 |
| cLac (mmol/l) | 11,4 | cLac (mmol/l) | 4,7 |

Míra otravy byla stanovena na III. až IV. stupeň dle Ostravské klasifikace. Pacientka po skončení expozice již nepotřebovala intenzivní péči, pro další observaci byla odeslána na standardní lůžko.

Komentář

V této kazuistice došlo k pozoruhodné situaci. Pacientka volala Zdravotnickou záchrannou službu pro svého přítele, ale sama pomoc také vyžadovala. Dispečerka zdravotnického operačního střediska jednala správně, když na místo zásahu poslala i posádku pro volající. Posádka při příjezdu na místo musela určit diagnózu na základě těchto informací – ve stejném domě se nachází mrtvý člověk, žena sama je zmatená, agitovaná, má tachykardii a tachypnoe. Mohli usuzovat, že k tomuto stavu došlo jako reakce na úmrtí blízkého člověka, ale vzhledem k informacím od pacientky o její malátnosti a přechodném bezvědomí, bylo třeba myslet na nějakou otravu. Změřením pCO pak potvrdili otravu oxidem uhelnatým. V tomto případě je také ukázáno, že změřená hodnota SpO₂ u otrav oxidem uhelnatým ukazuje falešně vysoké hodnoty. Saturace kyslíkem byla změřena na 95 %, zatímco hodnota

pCO odpovídala 25 %. Nezodpovězenou otázkou je, proč se záchranáři rozhodli pro aplikaci pouze 70-80 % kyslíku, když už měli otravu oxidem uhelnatým potvrzenou. Doporučené postupy uvádějí, že již na pouhé podezření na zvýšenou hladinu karboxylhemoglobinu v krvi by mělo být reagováno aplikací 100 % kyslíku. Tak tomu ale v tomto případě nebylo.

Hodnoty ABR při vstupním vyšetření byly v této kazuistice hraniční. Koncentrace COHb byla 22,5 %. Laktát dosahoval neuvěřitelných 11,4 mmol/l, a z toho důvodu bylo nízké i pH 7,185. Pacientka byla vystavena přetlaku 1,5 ATA o FiO₂ 1 po dobu 90 minut. Ke srovnání hodnot došlo natolik, že další expozice již nebyla potřeba, pacientka byla dokonce odeslána na standardní lůžko bez potřeby intenzivní péče. FCOHb kleslo na fyziologických 1,4 %. Laktát byl snížen na 4,7 mmol/l a ačkoli jde stále o zvýšenou hodnotu, došlo k obrovskému zlepšení. Upravila se tím též hodnota pH na 7,309.

5.5 Kazuistika 5

Pacient, 13 let, s anamnézou autoimunitní hypotyreózy a přechodné epilepsie (s níž se již dlouhodobě neléčí), se sprchoval v uzavřené koupelně s plynovým kotlem. V bytě byla přítomna jeho matka – lékařka, která zhruba po pěti minutách slyšela ránu, vběhla do koupelny, kde našla syna ve vaně v bezvědomí. Při dýchání chrčel, měl pokousaná ústa. Nebyl pozvracený a nebyly na něm žádné známky úrazu, krom drobného odření na zevní straně levé ruky. Okamžitě volala Zdravotnickou záchrannou službu, na místo byla vyslána posádka rychlé zdravotnické pomoci a posádka s lékařem v rámci setkávacího systému Rendez-Vous. Při příjezdu posádek na místo našly chrčícího pacienta v bezvědomí ležícího v prázdné vaně. Pacient byl okamžitě evakuován mimo prostor koupelny. Dýchal spontánně dostatečně, ale přesto jevil známky hyposaturace. Zdravotníci záchranáři zavedli periferní žilní katétr 22G a aplikovali 100 ml fyziologického roztoku. Byla změřena hodnota COHb počátečně 47 %, po aplikaci kyslíku maskou byly následně naměřeny hodnoty 41 % a 38 %. Lékař RV stanovil potřebu HBO a po domluvě s lékařem Nemocnice Na Homolce byl transportován v doprovodu matky k ambulantní hyperbarické oxygenoterapii. Převoz probíhal bez komplikací, dokonce došlo k opětovnému nabytí vědomí postiženého. Jeho matka byla při vědomí po celou dobu, přestože jí byly naměřeny hodnoty COHb 28 % a následně 21 %.

Tabulka 9 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 5

| Stav pacienta | Začátek ošetření | Konec |
|--------------------------|------------------|------------|
| Závažnost NACA | 3 | 3 |
| GCS | 1-1-1 | 4-5-6 |
| TK systolický (mmHg) | 124 | 124 |
| TK diastolický (mmHg) | 64 | 64 |
| Srdeční frekvence (/min) | 92 | 86 |
| Dechová frekvence (/min) | 14 | 12 |
| Pulz | Pravidelný | Pravidelný |
| Bolest | Žádná | Žádná |
| Zornice | Normální | Normální |
| Fotoreakce | Normální | Normální |
| Pohyby končetin | Normální | Normální |
| Křeče | Nepřítomny | Nepřítomny |

Při příjezdu na ARO Nemocnice Na Homolce byl pacient prochlazený, v dobrém kontaktu. Oběhově byl kompenzovaný s pulsy okolo 80 za minutu, krevním tlakem 115/70 mmHg a saturací kyslíkem 92 %. Došlo k přípravě pacienta pro HBO, byl zaveden arteriální katétr, pacient i jeho matka byli edukováni, matka podepsala informovaný souhlas a mohlo dojít k zahájení léčby. Pacient byl vystaven HBO při tlaku 1,5 ATA po dobu jedné hodiny, po celou dobu byl v kontaktu s matkou, která byla tou dobou na kyslíkových brýlích. Před samotnou expozicí proběhly odběry pro laboratorní vyšetření, z nichž vyplynuly výsledky: žilní pO₂ 2,25 kPa, FCOHb 36,1 %, K 3,2 mmol/l a Lac 3,2 mmol/l.

Tabulka 10 Vyšetření ABR z žilní krve pacienta před HBO – Kazuistika 5

| | |
|----------------------------|-------------|
| pH | 7,360 |
| pCO ₂ (kPa) | 6,22 |
| pO ₂ (kPa) | 2,25 |
| ctHb (g/l) | 140 |
| sO ₂ (%) | 46,6 |
| Hct,c (%) | 43,1 |
| FO ₂ Hb (%) | 29,2 |
| FCOHb (%) | 36,1 |
| FHHb (%) | 33,4 |
| FMetHb (%) | 1,3 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 3,2 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 140 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,14 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 109 |
| cGlu (mmol/l) | 5,5 |
| cLac (mmol/l) | 3,2 |

Terapie proběhla bez komplikací, oběhově byl kompenzovaný, neurologicky v normě bez bolestí. Naměřené hodnoty z venózní krve po expozici HBO byly pO₂ 12,1 kPa a FCOHb 3,7 %, K 5,3 mmol/l. Matce byly při odjezdu naměřeny hodnoty v žilních odběrech pO₂ 1,88 kPa a HbCO 12,1 %, byla doporučena k další observaci a léčbě O₂.

Tabulka 11 Výšetření ABR z žilní krve matky pacienta před transportem do jiné nemocnice – Kazuistika 5

| | |
|-----------------------------|-------------|
| pH | 7,404 |
| pCO ₂ (kPa) | 5,55 |
| pO ₂ (kPa) | 1,88 |
| ctHb (g/l) | 136 |
| sO ₂ (%) | 26,8 |
| Hct,c (%) | 41,9 |
| FO ₂ Hb (%) | 23,3 |
| FCO_{Hb} (%) | 12,1 |
| FHHb (%) | 63,5 |
| FMetHb (%) | 1,1 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 4,0 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 136 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,20 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 108 |
| cGlu (mmol/l) | 6,1 |
| cLac (mmol/l) | 0,6 |

Pacient i matka byli následně transportováni k další péči do jiné nemocnice.

Komentář

V tomto případě byla diagnostika otravy oxidem uhelnatým opět trochu komplikovanější. Pacient se sice nacházel v uzavřené koupelně s plynovým ohřivačem vody, ale v jeho anamnéze se vyskytovala informace o předchozí epilepsii. Pacient měl pokousaná ústa, křečový stav sice nikdo neviděl, ale bylo možné se domnívat, že k němu došlo. Zdravotničtí záchranáři se však touto informací nenechali svést z cesty. Pacient měl normální dechovou aktivitu, ale přesto jevil známky hyposaturace. Při následném změření COHb jim vyplynula hodnota 47 %, čímž se jejich domněnka o možnosti otravy oxidem uhelnatým potvrdila.

Tato kazuistika je také zajímavá tím, že se v ní vyskytují postižení dva. Zdravotničtí záchranáři postupovali velmi správně, když při měření COHb neopomenuli matku pacienta. Jí byla vstupně naměřena hodnota COHb 28 %, při které u jiných lidí dochází již k velkému poškození zdraví (viz Kazuistika 4). Tato skutečnost potvrzuje tvrzení v odborné literatuře,

že koncentrace karboxylhemoglobinu neukazuje na skutečnou závažnost situace. Pacient i jeho matka byli následně převezeni do Nemocnice Na Homolce. Zde byla pacientovi naměřena hodnota COHb odpovídající 36,1 %. Vzhledem k předchozímu bezvědomí mu byla indikována léčba hyperbarickou oxygenoterapií. Na druhou stranu jeho matka sice měla při příjezdu do nemocnice koncentraci COHb 12,1 %, ale po celou dobu byla při vědomí, neměla žádný abnormální neurologický nálezný a ani v tuto dobu nebyla gravidní. Z tohoto důvodu u ní terapie za užití hyperbaroxie neproběhla, byl jí pouze aplikován kyslík pomocí kyslíkových brýlí.

5.6 Kazuistika 6

Pacient, 64 let, byl vyproštěn z hořícího domu, odkud byl převezen do nemocnice. Tam nebyl schopen fonace, byl dušný s hyposaturací. Kontaktu schopen byl. Kůži měl špinavou od sazí, ale žádné zjevné popáleniny na těle nebyly zřejmé. Pro respirační insuficienci byl předán na ARO dané nemocnice. Zde byl po převzetí zaintubován, byl zajištěn centrální žilní katétr a arteriální katétr. Byl proveden rentgen srdce a plic. Při intubaci bylo podezření na otravu oxidem uhelnatým, a tak byla zahájena umělá plicní ventilace s užitím stoprocentní frakce kyslíku. Později byla otrava prokázána laboratorně s přítomností 29,8 % karboxylhemoglobinu. Z toho důvodu došlo ke kontaktování oddělení Nemocnice Na Homolce s možností hyperbarické oxygenoterapie. Před předáním pacienta k transportu byl doplněn objem Tetraspanem a byla nutná oběhová podpora noradrenalinem v dávce okolo 0,1 µg/kg/min. V laboratorních výsledcích byla přítomna metabolická acidóza a hypokalemie, z toho důvodu bylo podáno 100 ml 8,4 % bikarbonátu sodného a 20 ml Cardilanu. Při bronchoskopii bylo v dýchacích cestách objeveno hojné množství sazí, místy byla patrná růžová sliznice. Žádná obstrukce dýchacích cest nebyla zřejmá. Byla naměřena tělesná teplota 33,0 °C, proto byl pacient aktivně zahříván. Při předání do péče RLP byl pacient sedován Sufentanilem a Propofolem a řízeně ventilován s užitím 100 % frakce O₂.

Tabulka 12 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 6

| | |
|--|--------------------------|
| NACA | 5- přímé ohrožení života |
| GCS | 1-1-1 |
| TK systolický (mmHg) | 124 |
| TK diastolický (mmHg) | 63 |
| Tepová frekvence (/min) | 55 |
| Pulz | Per. prav. |
| SpO ₂ (%) | 99 |
| Dechová frekvence (/min) | 10 UPV |
| Dýchání | UPV + apn/relax |
| Zajištění dýchacích cest | OTI |
| FiO ₂ | O ₂ 100 % |
| UPV TV (ml) | 700 |
| IP (cmH ₂ O) | 22 |
| PEEP (cmH ₂ O) | 5 |
| P _{ET} CO ₂ (mmHg) | 24 |
| MEES | 22 |

Při příjezdu na ARO Nemocnice Na Homolce byl pacient analgosedován bez reakce. Zornice měl izokorické s přítomností miosy po opioidech. Skléry měl zarudlé. Fyziologické funkce zůstaly nezměněny, stále byla potřeba podpory oběhu noradrenalinem. Bylo provedeno vstupní vyšetření acidobazické rovnováhy, kde byla naměřena lehké hyperkapnie s hodnotou 8,92 kPa, COHb 10,8 %. Pacient byl sedován 20 mg Dormica a následně vystaven hyperbarické oxygenoterapii po dobu 60 minut při přetlaku 1,5 atm.

Tabulka 13 Vyšetření ABR z arteriální krve pacienta po HBO – Kazuistika 6

| | |
|------------------------------|--------------|
| pH | 7,129 |
| pCO ₂ (kPa) | 8,53 |
| pO ₂ (kPa) | 35,7 |
| ctHb (g/l) | 120 |
| sO ₂ (%) | 99,2 |
| Hct,c (%) | 36,8 |
| FO ₂ Hb (%) | 92,5 |
| FCO₂Hb (%) | 5,4 |
| FHHb (%) | 0,7 |
| FMetHb (%) | 1,4 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 3,9 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 138 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,14 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 117 |
| cGlu (mmol/l) | 9,4 |
| cLac (mmol/l) | 4,2 |

Po ukončení expozice byla naměřena hodnota karboxylhemoglobinu 5,4 %. Nemocný byl stabilní bez další potřeby noradrenalinu pro udržení stálého krevního tlaku. Následně byl pacient transportován na anesteziologicko-resuscitační oddělení jiné nemocnice.

Komentář

V této kazuistice, oproti předchozím, pacient nebyl do nemocnice přivezen primárně pro otravu oxidem uhelnatým. Jeho zdravotní stav byl celkově komplikovaný. Samotná otrava CO měla sice zásadní dopad na poškození jeho zdraví, ale absolvováním expozice hyperbarické oxygenoterapii a detoxikací od oxidu uhelnatého boj o život tomuto jedinci neskončil.

Přesto lze ale na základě výsledků vyšetření krevních plynů pozorovat zlepšení stavu pacienta po hyperbarické oxygenoterapii. Hodnota FCOHb klesla na 5,4 %. Došlo tak k rychlejší úpravě koncentrace karboxylhemoglobinu, než kdyby pacient podstoupil pouze normobarickou oxygenoterapii. Přesto ale ve výsledcích nacházíme vysoký laktát 4,2 mmol/l a nízké pH 7,129.

5.7 Kazuistika 7

Pacientka se šla koupat do uzavřené koupelny. Po zhruba 15 minutách byla nalezena rodinou v bezvědomí a byla zavolána Zdravotnická záchranná služba, která dorazila na místo událost po 10 minutách. V tu dobu ležela pacientka na pohovce v hlubokém bezvědomí s GCS ohodnocenou šesti body. Byla hyposaturovaná, růžově zabarvená, možnost předchozího tonutí či intoxikace léky nebo alkoholem byla rodinou vyloučena. Hasičským záchranným sborem České republiky byla prokázána vysoká hladina CO. Pacientce byly zavedeny dva periferní žilní katétry, následně bylo aplikováno celkem 1350 ml fyziologického roztoku, 15 mg Dormica, 80 mg Suxamethonia a 16 mg Norcuronu. Dýchací cesty byly zajištěné pomocí laryngeální masky č. 4, pacientce se odsály hleny a byla zahájena umělá plicní ventilace. Po domluvě byla pacientka transportována do Nemocnice Na Homolce pro provedení hyperbarické oxygenoterapie.

Tabulka 14 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 7

| Stav pacienta | Začátek ošetření | Předání |
|--|-------------------|---------|
| NACA | V | V |
| GCS | 1-1-4 | 1-1-1 |
| TK systolický (mmHg) | 105 | 120 |
| TK diastolický (mmHg) | 60 | 70 |
| Tepová frekvence (/min) | 147 | 100 |
| Srdeční rytmus | Sinus | Sinus |
| SpO ₂ (%) | 80 | 90 |
| RR frekvence (/min) | 20 | 14 |
| Glykémie (mmol/l) | 6,5 | |
| Teplota (°C) | 36,5 | |
| Fotoreakce | +/+ | +/+ |
| Lateralizace | Ne | |
| Zajištění dých. cest | Laryngeální maska | |
| UPV TV (ml) | 12-14 | |
| FiO ₂ | 1,0 | |
| P _{ET} CO ₂ (mmHg) | 26 | 14 |

Při příjmu byla sedována a zrelaxována, lékař stanovil hodnotu GCS na 5 bodů. Zornice měla mydriatické (okolo 5 mm) s pozitivní reakcí na osvit. Oběhově byla stabilní

bez nutnosti použití katecholaminů – krevní tlak 115/60 mmHg, pulsů 115 za minutu, sinusový rytmus. Pacientka interferovala s umělou plicní ventilací. Byla naměřena hodnota SpO₂ 99 %, FCOHb pak 12,9 %. Pacientka byla vystavena hyperbarické oxygenoterapii při přetlaku 1,5 atmosféry se stoprocentní frakcí kyslíku po dobu 90 minut.

Tabulka 15 Vyšetření ABR z arteriální krve – Kazuistika 7

| Před HBO | | Po HBO | |
|----------------------------|-------------|----------------------------|------------|
| pH | 7,373 | pH | 7,308 |
| pCO ₂ (kPa) | 5,02 | pCO ₂ (kPa) | 6,11 |
| pO ₂ (kPa) | 79,3 | pO ₂ (kPa) | 66,8 |
| ctHb (g/l) | 132 | ctHb (g/l) | 131 |
| sO ₂ (%) | 100,4 | sO ₂ (%) | 100,2 |
| Hct,c (%) | 40,7 | Hct,c (%) | 40,3 |
| FO ₂ Hb (%) | 86,4 | FO ₂ Hb (%) | 97,5 |
| FCOHb (%) | 12,9 | FCOHb (%) | 1,8 |
| FHHb (%) | -0,3 | FHHb (%) | -0,2 |
| FMetHb (%) | 1,0 | FMetHb (%) | 0,9 |
| cK ⁺ (mmol/l) | 3,3 | cK ⁺ (mmol/l) | 3,6 |
| cNa ⁺ (mmol/l) | 137 | cNa ⁺ (mmol/l) | 137 |
| cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,13 | cCa ²⁺ (mmol/l) | 1,17 |
| cCl ⁻ (mmol/l) | 109 | cCl ⁻ (mmol/l) | 110 |
| cGlu (mmol/l) | 7,6 | cGlu (mmol/l) | 7,7 |
| cLac (mmol/l) | 2,7 | cLac (mmol/l) | 2,0 |

Po ukončení expozice byla naměřena hodnota FCOHb 1,8 %, pacientka byla ovšem postižena hypoxickou encefalopatií. Z barokomory byla dále směřována na jednotku intenzivní péče pro monitoraci vitálních funkcí.

Komentář

Zdravotnická záchranná služba při svém příjezdu našla pacientku ležící na pohovce. Informace o předchozím pobytu v koupelně jí pravděpodobně poskytli příbuzní, kteří také ZZS zavolali. Tento případ, stejně jako některé předchozí kazuistiky, poukazuje na fakt, že je vždy třeba důkladně odebrat anamnézu. Pokud by zdravotníci záchranáři nevěděli o předchozím pobývání v uzavřené koupelně s přítomností „karmy“, otrava oxidem

uhelnatým by se jim stanovovala velmi složitě. V tomto případě ještě hrála roli součinnost Hasičského záchranného sboru České republiky, kteří potvrdili zvýšenou koncentraci CO v ovzduší.

Užití hyperbarické oxygenoterapie bylo v této kazuistice indikováno. Koncentrace COHb před převozem pacientky nám není bohužel známá, Zdravotnická záchranná služba daného kraje pro tuto diagnostiku není pravděpodobně dostatečně vybavená. Při předání jí ale byla naměřena hodnota COHb 12,9 %. Navíc pacientka po celou dobu nenabyla vědomí.

Pacientka podstoupila hyperbarickou oxygenoterapii po dobu 90 minut za přetlaku 1,5 ATA s FiO₂ 1. Absolvováním této terapie jí poklesla koncentrace COHb v krvi z 12,9 % na 1,8 %. Tím byla zajištěna rychlejší kompenzace tkáňové hypoxie.

Otázkou přesto zůstává prognóza pacientky. Dle anesteziologického konzilia u ní došlo k hypoxické encefalopatii. Naměřená koncentrace COHb není pro výsledný klinický obraz nejdůležitějším faktorem, takže hodnota 12,9 %, která není oproti jiným případům až tak vysoká, není v tomto případě rozhodující. Zarážející by se ale mohl zdát fakt, že pacientka strávila v kontaminované místnosti pouze přibližně 15 minut. Koncentrace a čas expozice dané látky nejsou ale při vývoji stavu jedinými podstatnými body. Záleží také na věku postiženého, na jeho zdravotním stavu a mnoha dalších faktorech.

6 DISKUZE

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo porovnání vyšetřovacích a terapeutických postupů uváděných v odborné literatuře a prováděných v praxi. Na základě kazuistik byly konstatovány tyto skutečnosti:

V odborné literatuře je uváděno, že intoxikace oxidem uhelnatým se primárně projevuje nespecifickými příznaky, jako jsou bolesti hlavy, nauzea nebo třeba alterace vědomí. Ve vybraných kazuistikách se intoxikace opravdu projevila nespecificky. Z příznaků se vyskytlo bezvědomí, křeče, neschopnost spolupráce, zmatenost, únava a malátnost. Na otravu CO je potřeba myslet vždy, pokud se postižený vyskytoval v uzavřené místnosti, ve které mohl přijít do kontaktu s produkty nedokonalého hoření. Většinou takovým místem bývá, jak ostatně kazuistiky potvrzují, koupelna s přítomným plynovým ohřívačem teplé vody, ale mohou to být i například garáže či kotelny. Komplikace ale přicházejí ve chvíli, kdy se postižený již v oné místnosti nenachází. K této situaci ostatně došlo v kazuistikách 1, 2 a 7. Z tohoto důvodu je třeba zdůraznit, že je skutečně podstatné se tázat přítomných a získávat informace od okolí. Bez informace o předchozím pobytu v například zmiňované koupelně by se opravdu velmi složitě diagnostikovala otrava oxidem uhelnatým. Diagnostika je také ztížena v některých případech faktem, že ne ve všech krajích je Zdravotnická záchranná služba dostatečně vybavena přístroji pro toto měření.

Oxid uhelnatý je plyn bez barvy, chuti i zápachu. Zjišťování jeho přítomnosti je kvůli tomu velmi obtížné. Je podstatné, aby již dispečerka zdravotnického operačního střediska správně uvážila možnost intoxikace, když jí bylo sděleno, že se postižený nachází v prostoru, kde hrozí otrava oxidem uhelnatým. Při takovém podezření je třeba si vyžádat součinnost Hasičského záchranného sboru České republiky. Ne vždy jsou však dispečerce poskytnuty takové informace, na jejichž základě může usoudit na přítomnost oxidu uhelnatého. Podezření ale může mít i sám zdravotnický záchranář přítomný na místě události, pokud se například dozví, že se postižený nachází v koupelně se zdrojem oxidu uhelnatého. Ačkoli je pro postiženého v danou chvíli nejdůležitější transport z kontaminovaného prostředí, tak je potřeba myslet i na vlastní bezpečnost a požádat o spolupráci HZS ČR.

Vedle zdravých záchránců je třeba také myslet na přítomné. V kazuistikách 4 a 5 bylo třeba ošetřit osoby, které ZZS volali. Ve čtvrté kazuistice byla dokonce pozornost směřována primárně k volající samotné, protože v danou chvíli již péči potřebovala více než osoba,

pro níž byla pomoc původně volána. Mají-li záchranáři dostupné prostředky pro změření karboxylhemoglobinu v organismu, je vhodné ho změřit také u ostatních přítomných. Pokud takové prostředky nemají, je dobré dané osoby alespoň základně vyšetřit.

Algoritmus postupu při otravě oxidem uhelnatým udává, že již při samotném podezření na intoxikaci CO je třeba aplikovat 100% kyslík. V kazuistikách 2 a 4 je ale možné vidět, že dokonce i při potvrzené intoxikaci CO zdravotničtí záchranáři sice aplikovali kyslík, ale nepoužili k tomu kyslík o FiO_2 1. Při vysoké koncentraci karboxylhemoglobinu v krvi je zásadní začít bezprostředně dodávat co největší množství kyslíku. Dochází pak rychleji k redukci hypoxie tkání a prognóza postiženého tím může být pozitivně ovlivněna.

Při přístupu k postiženému je vždy potřeba postupovat dle algoritmu ABCDE. Člověk je celek tvořený mnoha různými systémy, z nichž u každého může nastat problém. Zaměření se pouze na nejvíce viditelný problém může být zcestné. Příkladem je v tomto ohledu kazuistika 6. Primárním problémem bylo popáleninové trauma. Pacient byl vyproštěn z hořícího domu a vyžadoval intenzivní péči. Pokud by však došlo k opomenutí možné otravy CO, byla by prognóza postiženého méně příznivá. Dalším příkladem může být postup záchranářů v kazuistice 3. Zdravotničtí záchranáři měli podezření na otravu oxidem uhelnatým, ale neměli dostupný prostředek pro potvrzení této hypotézy. Zároveň však pátrali dále po možných příčinách bezvědomí změřením glykemie. Je také důležité si uvědomit, že hypoglykemie může nastat současně spolu s otravou oxidem uhelnatým, takže i když dojde k potvrzení intoxikace CO změřením vysoké koncentrace karboxylhemoglobinu, je třeba změřit hladinu glykemie a podle naměřené hodnoty pokračovat v další terapii.

Další poznatek, který z kazuistik vyplynul, je, že počáteční naměřená vysoká koncentrace karboxylhemoglobinu nutně nemusí znamenat špatnou prognózu. Mnohem podstatnější je v dané situaci konečný klinický obraz. U druhé kazuistiky byla pacientce naměřena počáteční hodnota COHb 42 %. V tu chvíli měla pacientka GCS hodnocené jedenácti body. Již v průběhu terapie se pacientka probírala do plného vědomí. Po proběhlé hyperbarické oxygenoterapii měla již všechny hodnoty v normě, byla při vědomí s GCS 15. Není nám sice znám další průběh po převozu do jiné nemocnice, ale není důvod se domnívat, že by si pacientka pro tuto epizodu nesla trvalé následky do budoucího života. Podobná situace nastala v kazuistice 5, kde byla pacientovi vstupně naměřena saturace hemoglobinu oxidem uhelnatým 47 %. Pacient se začal probírat z bezvědomí již během transportu za aplikace kyslíku polomaskou. Po proběhlé expozici hyperbarické oxygenoterapii byl bez

nějakého závažného patologického nálezu. Opačným případem je kazuistika 7. Pacientce sice nebylo COHb měřeno na místě události, ale až při příjezdu do nemocnice. Tam jí bylo naměřeno 12,9 %. U této pacientky ale další vývoj nebyl tak příznivý. Vlivem působení oxidu uhelnatého se u ní rozvinula hypoxická encefalopatie. Jak probíhal další vývoj stavu této pacientky po transportu na jednotku intenzivní péče nám není znám, ale v jejím případě expozice a následná intoxikace CO měla pravděpodobně trvalé následky.

Indikace k hyperbarické oxygenoterapii jsou jasně dány algoritmem doporučených postupů. K léčbě touto metodou má být přistoupeno, pokud je hodnota naměřeného karboxylhemoglobinu vyšší než 10 % a současně se vyskytuje alespoň jeden z následujících jevů – bezvědomí na místě nebo v nemocnici, abnormální neurologický nález či gravidita. V jiné literatuře není indikace k hyperbarické oxygenoterapii podmíněna výskytem COHb nad 10 %, je to pouze jeden z faktorů. V první kazuistice byla naměřená hodnota COHb při příjezdu do nemocnice 9 % a pacientka byla v bezvědomí. Indikace k použití barokomory tedy závisela na doporučených postupech, kterými se lékař řídil. U 3. a 7. kazuistiky byla indikace k zahájení hyperbarické oxygenoterapie absolutně nepopíratelná. V jednom případě měla pacientka při příjmu COHb 11,9 % a stále ještě byla v bezvědomí, v případě druhém jí byla naměřena hodnota karboxylhemoglobinu 12,9 % a opět u ní přetrvávalo stále trvající bezvědomí. V kazuistice 5 byli postižení dva – sám pacient a jeho matka. Pacientovi byla naměřeno COHb 36,1 % a původně se nacházel v bezvědomí. Z tohoto důvodu mu byla léčba HBO jasně indikována. Naopak jeho matka, již byla naměřena koncentrace COHb 12,1 %, terapii hyperbaroxií nevyžadovala, protože se u ní nevyskytoval ani jeden z doprovodných faktorů, tj. bezvědomí, gravidita a abnormální neurologický nález.

Na všech kazuistikách je jasně patrné, že použití hyperbarické oxygenoterapie rychle a účinně snižuje koncentraci karboxylhemoglobinu v krvi a dochází tak k rychlejší redukci hypoxie tkání než při užití normobarické oxygenoterapie. V kazuistikách 2 a 4 došlo také k podstatnému snížení laktátu. Lze tedy usuzovat, že léčba hyperbaroxií u těžkých otrav oxidem uhelnatým zlepšuje prognózu a kvalitu následujícího života pacientů.

7 ZÁVĚR

Vysoce nebezpečné látky jsou nedílnou součástí dnešní doby. Nejčastěji jsou využívány v průmyslu nebo v zemědělství. Bohužel k jejich zneužití také dochází pro výrobu chemických zbraní. Některé vysoce nebezpečné látky však vznikají i neúmyslně, avšak jejich účinek může vést k velmi závažným následkům. Nejčastějším původcem náhodných otrav je pak oxid uhelnatý.

Vzhledem k rozšíření vysoce nebezpečných látek je tedy třeba, aby zdravotníci záchranáři znali postupy, jak při mimořádné události s výskytem takových látek jednat. Proto byla v této práci v první řadě řeč o možnostech označování těchto látek, díky nimž mohou zdravotníci záchranáři přítomni na místě mimořádné události získat informace o dané látce a jejích vlastnostech. V případě výskytu takové substance je pak třeba místo rozdělit na jednotlivé zóny podle rizika kontaminace. Těmito zónami jsou chladná, teplá a horká zóna, a v každé z nich se mohou pohybovat jen vybrané složky integrovaného záchranného systému za použití pomůcek individuální ochrany.

Podstatná část této práce byla věnována kazuistikám. Těch bylo rozebráno celkem sedm, u všech z nich došlo k poškození zdraví oxidem uhelnatým. Intoxikace CO má své zvláštnosti. V první řadě je pro nespecifičnost jejích příznaků obtížné ji vůbec odhalit. Tomu také nedopomáhají vlastnosti oxidu uhelnatého, je to plyn bez barvy, chuti i zápachu. Už jen při podezření na výskyt CO by měli záchranáři jednat uvědoměle a požádat o spolupráci Hasičský záchranný sbor České republiky, který je pro podobné situace náležitě vybaven. Oxid uhelnatý sice nemusí být cítit, to ale neznamená, že není přítomný nebo snad nebezpečný. Při zasahování u takové události je ale také krom vlastní bezpečnosti třeba myslet na bezpečnost všech přítomných. Pokud se s postiženým vyskytují i další osoby, je třeba myslet na to, že i oni mohou být intoxikováni, ačkoli příznaky otravy se ještě nestihly projevit nebo nejsou tak značné jako příznaky hlavního postiženého. Když zdravotnický záchranář nabyde podezření na možnou otravu oxidem uhelnatým, je potřeba postiženému okamžitě aplikovat kyslík o stoprocentní frakci a rozhodovat se o dalším postupu. Pokud pak dojde k prokázání otravy CO, například změřením COHb, lze se zamýšlet nad indikací k použití hyperbarické oxygenoterapie. Dle doporučených postupů jsou k této léčbě indikováni takoví pacienti, u nichž dosahuje hladina COHb více než 10 % a zároveň u nich nastalo bezvědomí, vyskytl se nějaký abnormální neurologický nález nebo v případě ženské populace jsou-li gravidní. Jiná literatura indikaci k použití hyperbarické oxygenoterapie vyšší hladinou COHb

nepodmiňuje. Není-li posádka Zdravotnické záchranné služby dostatečně vybavena pro potvrzení intoxikace oxidem uhelnatým, je třeba vyloučit další možné příčiny bezvědomí například změřením glykemie. U otrav CO nehraje až tak rozhodující roli naměřená hodnota COHb, jak ostatně i potvrdily kazuistiky. V některých případech byla počáteční hladina naměřeného karboxylhemoglobinu vysoká, dokonce až přes 40 procent, následující průběh ale již probíhal bez komplikací. Prognóza pacienta se stanovuje až na základě výsledného klinického stavu, při jejím vytváření totiž krom koncentrace CO v zamořeném prostředí také hrají roli doba expozice, věk pacienta, jeho fyzický a zdravotní stav a další.

Cílem této práce bylo porovnání terapeutických a vyšetřovacích postupů uváděných v odborné literatuře a jejich použití v praxi, tento cíl byl naplněn.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|--------------------|--|
| ABR | acidobazická rovnováha |
| ARO | anesteziologicko-resuscitační oddělení |
| ATA | atmosféra technická absolutní |
| atm | atmosféra |
| BAL | British anti-Lewisite |
| BZ látka | 3-chinuklidyl benzilát |
| cCa ²⁺ | koncentrace ionizovaného vápníku |
| cCl ⁻ | koncentrace ionizovaného chloridu |
| cGlu | koncentrace glukózy |
| cK ⁺ | koncentrace ionizovaného draslíku |
| cLac | koncentrace laktátu |
| cmH ₂ O | centimetry vodního sloupce |
| cNa ⁺ | koncentrace ionizovaného sodíku |
| CO | oxid uhelnatý |
| COHb | karbonylhemoglobinu |
| CPAP | continuous positive airway pressure |
| ctHb | totální koncentrace hemoglobinu |
| DMP | dimercaprol |
| EKG | elektrokardiogram |
| FCOHb | frakce karbonylhemoglobinu |
| FHHb | frakce deoxyhemoglobinu |

| | |
|--------------------|---|
| FiO ₂ | frakce inspirovaného kyslíku |
| FMetHb | frakce methemoglobinu |
| FO ₂ Hb | frakce oxyhemoglobinu |
| G | Gauge |
| g | gram |
| g/l | gram na litr |
| GCS | Glasgow coma scale |
| GHS | globálně harmonizující systém |
| HAZMAT | hazardous materials |
| HBO | hyperbarická oxygenoterapie |
| Hct,c | hematokrit |
| HZS ČR | Hasičský záchranný sbor České republiky |
| i.m. | intramuskulárně |
| i.v. | intravenózně |
| IP | inspiratory pressure |
| kg | kilogram |
| KO | krevní obraz |
| kPa | kilopascal |
| l/min | litry za minutu |
| LSD | dietylamid kyseliny lysergové |
| MEES | Mainz Emergency Evaluation Score |
| mg | miligram |
| ml | mililitr |

| | |
|---------------------------------|--|
| mm | milimetr |
| mmHg | milimetr rtuťového sloupce |
| mmol/l | milimol na litr |
| NACA | National Advisory Committee for Aeronautics |
| NBO | normobarická oxygenoterapie |
| NNH | Nemocnice Na Homolce |
| pCO | parciální tlak oxidu uhelnatého |
| pCO ₂ | parciální tlak oxidu uhličitého |
| P _{ET} CO ₂ | parciální tlak oxidu uhličitého na konci výdechu |
| pH | potential of hydrogen |
| PKC | proteinkináza |
| pO ₂ | parciální tlak kyslíku |
| ppm | parts per milion |
| RLP | rychlá lékařská pomoc |
| RV | Rendez-Vous |
| RZP | rychlá zdravotnická pomoc |
| sO ₂ | saturace hemoglobinu kyslíkem |
| SpO ₂ | periferní saturace hemoglobinu kyslíkem |
| UPV | umělá plicní ventilace |
| TV | tidal volume |
| ZZS | zdravotnická záchranná služba |
| μg/kg/min | mikrogramy na kilogram tělesné hmotnosti za minutu |

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. SKŘEHOT, Petr. *Prevence nehod a havárií*. Česko: PINK PIG, 2009. ISBN 978-80-86973-34-0.
2. POKORNÝ, Jan. Toxické trauma – Toxals 1
3. LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, 131 s. Recetox. ISBN 978-80-210-6475-1
4. ŠÍŇ, Robin. *Medicína katastrof*. Praha: GALÉN, 2017. ISBN 978-80-7492-295-4
5. Oranžová tabulka. In: *Stanislav Mára – bezpečnostní poradce DGSA – ADR* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.adr-dgsa.cz/oranzove-tabulky.html>
6. Ukázka piktogramů na etiketách. In: *Datascan* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://datascan.cz/software/identifikace-chemickych-latek-dle-vyhlasky-eu-nas-zadny-problem/>
7. KONEČNÝ, Rudolf. *Prostředky individuální ochrany*
8. NELSON, Lewis a Lewis R. GOLDFRANK. *Goldfrank's toxicologic emergencies*. 9th ed. New York: McGraw-Hill Medical, c2011. ISBN 0071605940.
9. PELCLOVÁ, Daniela. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 3., dopl. vyd. Praha: Karolinum, 2014, 318 s. ISBN 978-80-246-2597-3.
10. SOKOL, Miloš, Michal DOGOŠI a Josef FUSEK. *Soudní lékařství a toxikologie pro vojenské lékaře*. V Hradci Králové: Univerzita obrany, 2010. ISBN 978-80-7231-347-1.
11. POHANKA, Miroslav. *Přehled toxikologie*. V Hradci Králové: Univerzita obrany, 2013. ISBN 978-80-7231-353-2.
12. MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART. *CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-048-7.
13. HORKÁ, Jana. *Historie chemických látek*. České Budějovice, 2007.
14. ŠEVELA, Kamil a Pavel ŠEVČÍK. *Akutní intoxikace a léková poškození v intenzivní medicíně*. 2., dopl. a aktualiz. vydání. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3146-9.

15. VIDUNOVÁ, Jana, Robin ŠÍN, Zdeněk HON a Karel KRUBA. Otrava oxidem uhelnatým – stále aktuální problém. *Prevence úrazů, otrav a násilí* [online]. 2013, 2013(1), 7 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/prevence-urazu-otrav-a-nasili/administrace/clankyfile/20130628082400406257.pdf>
16. HÁJEK, Michal. *Diagnostický a léčebný standard otravy oxidem uhelnatým*. Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny, 2009.
17. PATOČKA, Jiří. *Vojenská toxikologie*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0608-3.
18. MATOUŠEK, Jiří a Petr LINHART. *CBRN: chemické zbraně*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství), 43. ISBN 80-86634-71-X.
19. POKORNÝ, Jan. *Lékařská první pomoc*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2010. ISBN 978-80-7262-322-8.
20. PRYMULA, Roman. *Biologický a chemický terorismus: informace pro každého*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0288-6.
21. REMEŠ, Roman a Silvia TRNOVSKÁ. *Praktická příručka přednemocniční urgentní medicíny*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4530-5.
22. FREI, Jiří. *Akutní stavy pro nelékaře*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Vydavatelství, 2015. ISBN 978-80-261-0498-8.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 Oranžová tabulka – Acetylchlorid [5] | 11 |
| Obrázek 2 Piktogramy GHS [6]..... | 12 |
| Obrázek 3 Příklady prostředků individuální ochrany [2]..... | 15 |
| Obrázek 4 Zóny při mimořádné události [8, str. 1731 - volně přeloženo]..... | 16 |
| Obrázek 5 Algoritmus užití NBO a HBO pro otravu CO [14, str. 158]..... | 31 |

11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 Ostravská klasifikace otravy CO..... | 28 |
| Tabulka 2 Vyšetření ABR z arteriální krve po HBO – Kazuistika 1 | 35 |
| Tabulka 3 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 2 | 37 |
| Tabulka 4 Vyšetření ABR z arteriální krve – Kazuistika 2 | 38 |
| Tabulka 5 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 3 | 40 |
| Tabulka 6 Vyšetření ABR z arteriální krve – Kazuistika 3 | 41 |
| Tabulka 7 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 4 | 43 |
| Tabulka 8 Vyšetření ABR z venózní krve – Kazuistika 4 | 44 |
| Tabulka 9 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 5 | 46 |
| Tabulka 10 Vyšetření ABR z žilní krve pacienta před HBO – Kazuistika 5..... | 47 |
| Tabulka 11 Vyšetření ABR z žilní krve matky pacienta před transportem do jiné nemocnice – Kazuistika 5 | 48 |
| Tabulka 12 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 6 | 50 |
| Tabulka 13 Vyšetření ABR z arteriální krve pacienta po HBO – Kazuistika 6..... | 51 |
| Tabulka 14 Hodnoty naměřené ZZS – Kazuistika 7 | 52 |
| Tabulka 15 Vyšetření ABR z arteriální krve – Kazuistika 7 | 53 |