

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDÍÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2020**

**DAVID ŠAMS**

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

David Šams

Studijní obor: Zdravotnický záchranář 5345R021

**VYUŽITÍ OXIDU DUSNÉHO  
NA ZDRAVOTNICKÉ ZÁCHRANNÉ SLUŽBĚ  
A URGENTNÍM PŘÍJMU V ČR**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Eva Pfefferová

PLZEŇ 2020

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne .....

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování:

Děkuji vedoucí bakalářské práce Mgr. Evě Pfefferové za profesionální a odborné vedení, ochotné poskytování rad a za věnovaný čas.

## **ABSTRAKT**

**Příjmení a jméno:** David Šams

**Katedra:** Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

**Název práce:** Využití oxidu dusného na zdravotnické záchranné službě a urgentním příjmu v ČR

**Vedoucí práce:** Mgr. Eva Pfefferová

**Počet stran – číslované:** 101

**Počet stran – nečíslované:** 30

**Počet příloh:** 4

**Počet titulů použité literatury:** 35

**Klíčová slova:** oxid dusný, anestezie, analgezie, neodkladná péče, inhalace

### **Souhrn:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou využití oxidu dusného na zdravotnické záchranné službě a urgentním příjmu v České republice (ČR). Cílem teoretické části práce je představit oxid dusný jako medicínální plyn, shrnout jeho charakteristické, fyzikální, chemické, farmakologické a technické vlastnosti. Teoretická část se také zabývá jeho klinickým významem a možnostmi zařazení do palety léčiv zejména v oblasti přednemocniční a nemocniční neodkladné péče.

V praktické části jsou pak uvedeny výsledky dotazníkového šetření prováděného na všech zdravotnických záchranných službách a na urgentních příjmech vybraných fakultních, krajských či velkých pražských nemocnic. Dotazníkové šetření zjišťovalo, v kolika oslovených zdravotnických zařízeních se oxid dusný využívá a v případě kladné odpovědi další doplňující informace z oblasti samotného způsobu využívání, benefitů, indikací a kompetencí. Cílem bylo zmapovat reálné používání oxidu dusného v neodkladné péči na území ČR a současně také porovnat zdravotnická zařízení ve způsobu využívání.

## **ABSTRACT**

**Surname and name:** David Šams

**Department:** Department of Rescue, Diagnostics and Public Health

**Title of thesis:** The use of nitrous oxide in emergency medical service and emergency department in the Czech Republic

**Consultant:** Mgr. Eva Pfefferová

**Number of pages – numbered:** 101

**Number of pages – unnumbered:** 30

**Number of appendices:** 4

**Number of used literature items:** 35

**Keywords:** nitrous oxide, anesthesia, analgesia, emergency medicine, inhalation

### **Summary:**

The bachelor thesis examines the issue of using nitrous oxide in emergency medical service and emergency department in the Czech Republic. The goal of the theoretical part is introduce nitrous oxide as medicinal gas, summarize its characteristics, physical, chemistry, phamacological and technical characteristics. The theoretical part also examine its clinical importance and possibilities of use in pallete of drugs, especially in pre-hospital and hospital emergency care.

In the practical part of the bachelor thesis are listed results of survey, which has been adminis-  
tered to emergency medical service and emergency department in selected university, regional or large  
Prague hopsitals. The survey has been asking for the exact number of the selected hospitals, which  
have been using nitrous oxide in this specific way. In case that the answer was positive the survey  
asked more detailed questions like the way of use the gas, the benefits of tis use, indications linked to  
the gas and competentions. Goal of the survey was to map the actual use od nitrous oxide in Czech  
Republic emergency care and also compare the medical facilities in their various way of the gass's use.

# PŘEDMLUVA

Důvodem pro tvorbu této bakalářské práce je aktuální znovuoobnovený zájem o užívání metody analgezie a lehké sedace za pomoci oxidu dusného ( $N_2O$ ) v neodkladné péči, zejména pak v přednemocniční neodkladné péči. Cílem této práce je komplexně představit charakter oxidu dusného s jeho možnostmi využití. Hlavním cílem pak je zmapovat jeho reálné využívání právě v neodkladné péči v České republice na poli krajských poskytovatelů zdravotnických záchranných služeb a urgentních příjmů vybraných krajských, fakultních (FN) či velkých pražských nemocnic.

# OBSAH

ÚVOD .....	10
TEORETICKÁ ČÁST .....	12
1 ŘÍZENÉ ZMĚNY VĚDOMÍ, VNÍMÁNÍ A ČITÍ BOLESTI .....	13
1.1 Celková anestézie .....	13
1.2 Inhalační anestézie .....	13
1.3 Místní anestézie .....	15
1.4 Sedace.....	15
1.5 Analgezie.....	16
2 OXID DUSNÝ .....	17
2.1 Historie oxidu dusného.....	17
2.2 Charakteristika oxidu dusného.....	18
2.3 Technické specifikace oxidu dusného.....	19
2.4 Chemické a fyzikální vlastnosti oxidu dusného .....	20
2.5 Oxid dusný z farmakologického hlediska .....	20
2.5.1 Farmakodynamika.....	20
2.5.2 Farmakokinetika.....	23
2.6 Zařazení oxidu dusného do současné palety léčiv .....	26
2.7 Účinky oxidu dusného.....	26
2.7.1 Žádoucí účinky oxidu dusného.....	26
2.7.2 Nežádoucí účinky oxidu dusného.....	29
2.8 Indikace oxidu dusného .....	32
2.8.1 Ambulantní chirurgické výkony .....	33
2.8.2 Použití oxidu dusného při porodu .....	33
2.8.3 Gynekologie .....	35
2.8.4 Stomatologie.....	35
2.8.5 Urologie .....	36
2.8.6 Gastroenterologie .....	36
2.8.7 Pediatrie .....	37
2.8.8 Ošetřování dekubitálních vředů.....	37
2.9 Kontraindikace oxidu dusného.....	38
2.9.1 Opatrné podávání oxidu dusného.....	39
2.10 Dávkování oxidu dusného.....	39
2.10.1 Dávkování při anestezii.....	40
2.10.2 Dávkování při analgezii či sedaci .....	40



2.10.3	Předávkování oxidem dusným.....	40
2.11	Klinické zkušenosti a praktické použití N <sub>2</sub> O .....	41
2.11.1	Subjektivní působení oxidu dusného .....	41
2.11.2	Praktické provedení inhalace oxidu dusného .....	41
2.11.3	Výhody použití oxidu dusného.....	44
2.11.4	Vznik tolerance na oxid dusný .....	44
2.11.5	Bezpečnost při používání oxidu dusného .....	45
3	POUŽITÍ OXIDU DUSNÉHO V NEODKLADNÉ PÉČI .....	47
3.1	Použití N <sub>2</sub> O v přednemocniční neodkladné péči .....	47
3.2	Použití N <sub>2</sub> O v nemocniční neodkladné péči .....	50
	PRAKTICKÁ ČÁST .....	52
4	FORMULACE PROBLÉMU .....	53
5	CÍLE A PŘEDPOKLADY VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ .....	54
5.1	Cíle .....	54
5.2	Předpoklady .....	54
6	METODIKA PRÁCE A VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ .....	56
6.1	Metody výzkumu .....	56
6.2	Vzorek respondentů .....	57
7	PREZENTACE A ANALÝZA VÝSLEDKŮ.....	58
7.1	Výsledná data ze zdravotnické záchranné služby.....	58
7.2	Výsledná data z urgentních příjmů.....	75
8	DISKUZE.....	101
	ZÁVĚR.....	110
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	111
	SEZNAM ZKRATEK .....	116
	SEZNAM TABULEK.....	118
	SEZNAM GRAFŮ.....	119
	SEZNAM MAP .....	120
	SEZNAM PŘÍLOH .....	121

# ÚVOD

Oxid dusný je sladce vonící, nehořlavý plyn s nízkou účinností a limitovanou rozpustností v krvi a tkáních, který je často používán jako adjuvantní anestetikum v kombinaci s ostatními volatilními anestetiky nebo opiáty či jako analgetikum a slabé sedativum. Jeho účinky jsou známy již více než 250 let, a proto je jedním z nejstarších a nejdéle používanějších anestetik vůbec.

V teoretické části této bakalářské práce je představen charakter oxidu dusného z hlediska jeho technických, chemických, fyzikálních a farmakologických specifikací. Rozvedená je kapitola o farmakologii zejména co se týče farmakodynamiky a farmakokinetiky. Jako každý lék, tak i oxid dusný jako medicínální plyn a léčivo, má žádoucí a nežádoucí účinky společně s indikacemi, kontraindikacemi, výhodami, nevýhodami, které jsou v této práci popsány. Pro ucelený obraz je v teoretické části doplněné obecné klinické využití, které poté cílí na oblast dotýkající se přednemocniční a nemocniční neodkladné péče.

Praktická část je pak zaměřena na vyhodnocení průzkumného dotazníkového šetření provedeného na všech záchranných službách (ZZS) a vybraných urgentních příjmech (UP) krajských, fakultních a velkých pražských nemocnic. Šetření proběhlo s cílem zjistit reálné používání oxidu dusného na území České republiky a klade si za cíl porovnat konkrétní prvky využívání oxidu dusného ve zdravotnických zařízeních, jenž tento plyn používají.

Toto téma bylo zvoleno kvůli tomu, že ač je oxid dusný notoricky známou látkou, tak v českých článkách, studiích a akademických pracích mu není věnována dostatečná pozornost a počet možných zdrojů je velmi zúžený na stručné obecnosti v učebnicích farmakologie a anesteziologie. O použití oxidu dusného ve specifické oblasti neodkladné péče toto platí dvakrát tolik a je téměř nemožné najít ucelenou, česky psanou, práci na toto téma. Proto jsme se pokusili tuto „díru na trhu“ zaplnit souhrnem informací, které pochází ze značné části ze zahraničních zdrojů, kde se touto problematikou zabývají více. Osobně pro mne byl důvod psát tuto práci jednak kvůli zajímavosti a neprobádanosti této tematiky v České republice, a také proto, že se pro mne téma s takovou obtížností stalo osobní výzvou.

Další z důležitých atributů výběru práce byla její aktuálnost. Zdá se totiž, že se využití oxidu dusného, mimo klasické a tradiční použití v anesteziologii, v poslední době prolamuje i do přednemocniční a nemocniční neodkladné péče. Je to díky znovuobjevení staronových účinků, které skýtají značný potenciál využitelnosti na poli urgentní medicíny.

Z těchto předpokladů vykrystalizovalo pět cílů. První a stěžejní cíl zjišťuje, na jakých pracovištích zdravotnických záchranných služeb a vybraných urgentních příjmech krajských, fakultních či velkých pražských

nemocnic se N<sub>2</sub>O reálně využívá. Druhý cíl zjišťuje důvody využívání N<sub>2</sub>O na pracovištích zdravotnických záchranných služeb a urgentních příjmů. Třetí cíl si klade za úkol zjistit, jaké jsou výhody a kompetence pro použití oxidu dusného v jednotlivých urgentních příjmech a zdravotnických záchranných službách. Čtvrtý cíl zjišťuje, u koho ZZS a UP v ČR nejčastěji oxid dusný používají, jak často a v jaké koncentraci. Poslední a pátý cíl doplňuje předchozí o záměr zjistit indikace použití N<sub>2</sub>O na pracovištích zdravotnických záchranných služeb a urgentních příjmů.

# **TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ŘÍZENÉ ZMĚNY VĚDOMÍ, VNÍMÁNÍ A ČITÍ BOLESTI

Pro začátek této bakalářské práce je důležité z hlediska obecné ucelenosti vytyčit a shrnout základní anesteziologickou problematiku a pojmy. Důvodem je fakt, že oxid dusný svou podstatou, účinky a použitím do těchto tématik zasahuje. Zmíněné pojmy zahrnují popis změn vědomí, ve kterých je stručně popsána celková anestezie a jí podřazená inhalační anestezie. Dále, zejména pro celistvost i lokální anestezie. Stručně jsou popsány i oblasti změny vnímání, tedy sedace a čití bolesti, konkrétně analgezie.

## 1.1 Celková anestézie

Celková anestézie je vedené, reverzibilně vyvolané hluboké bezvědomí. Pacientovi v tomto stavu je nejen vyřazeno vědomí, ale i vnímání bolesti, ideálně společně s vegetativní stabilitou a následnou amnézií. Komponentem celkové anestezie je i svalová relaxace, jenž umožňuje operujícímu lékaři lepší podmínky při výkonu. V českých podmínkách celkovou anestezii podává anesteziolog společně se sestrou specializovanou v anesteziologii a resuscitaci. Dle způsobu a místa aplikace anestetika do lidského těla dělíme celkovou anestezii na inhalační, intravenózní a intramuskulární. Dělíme-li celkovou anestezii klinickou charakteristikou, můžeme mluvit o doplňované či kombinované. Volba celkové anestezie podléhá zejména klinickému stavu léčného pacienta, délce operace, popřípadě přání klienta, ale obecně se druh odvozuje od kritéria bezpečnosti pro pacienta.

První stádium celkové anestezie je úvod, což je převod z plného vědomí do bezvědomí. V této fázi je vpraveno anestetikum do organismu, kde putuje a působí na mozkové buňky. Další navazující částí je vedení anestezie, kdy se drží efektivní hladina anestetika působícího v mozkových buňkách. Poslední fází je vyvedení či probuzení, kdy je zastaven přísun anestetika do těla a tím pádem se hladina látky v mozkových buňkách snižuje. Dochází k navrácení vědomí, reflexů a reakcí. Součástí této fáze je přesun pacienta na dospávající pokoj, jednotku intenzivní péče či anesteziologickoresuscitační oddělení, kde dochází k zotavení z operace a anestezie.<sup>[20, 34]</sup>

## 1.2 Inhalační anestezie

Oblíbenost a důvod používání inhalačních anestetik spočívá ve snadnosti aplikace (vdechováním) a současně možnosti dobře dohlížet a monitorovat jejich efekt (koncentrace vdechovaného anestetika vs.

klinický stav). Jedinečnost inhalačních anestetik se zakládá na rychlosti účinku, plynném stavu a cestě podání. Právě fakt, že inhalační anestetika jsou jedněmi z nejrychleji účinkujících preparátů, umožňuje u takto navozené celkové anestezii dosáhnout prostoru pro efektnost a účinnost. Mluvíme-li o inhalačních anestetických jako o plynech, tak se můžeme dopustit lehké mystifikace. Plyn v pravém slova smyslu je pouze oxid dusný a xenon, další inhalační anestetika jsou defacto výpary volatilních tekutých látek. Avšak pro zjednodušení se o všech inhalačních anestetických mluví jako o plynech.<sup>[6]</sup>

Cesta inhalačních anestetik do organismu je tedy skrze dýchací systém cestou přes plíce do krve a následně do centrálního nervového systému (CNS) konkrétně na membrány neuronů. Přestup mezi plícemi a krví funguje na základě odlišných hladin parciálních tlaků mezi alveolárním prostorem a plicními kapilárami. Díky tomuto mechanismu je docílena jednoduchá regulace hloubky anestezie pouhou změnou koncentrace anestetika v inhalované směsi. Ovšem v porovnání s nitrožilními anestetiky je většinou jejich relativním nedostatkem déletrvající doba úvodu i následného vyvedení. Tento rozdíl je způsoben vyšší rozpustností inhalovaných látek v krvi a mírou výměny plynů v plicích, protože zde platí nepřímá úměra, že čím méně je anestetická látka rozpustná v krvi, tím rychlejší je úvod i vyvedení z anestezie.<sup>[19, 20]</sup>

Dalším stupněm, kterého anestetikum po vstupu do krve musí dosáhnout je centrální nervový systém, kde nabývá určitého parciálního tlaku (koncentrace). Pro požadovanou koncentraci anestetika v mozku a míše je nejprve nutno dosáhnout parciálního tlaku inhalačního anestetika v plicích, přičemž až poté dochází k ekvilibraci hladin parciálního tlaku postupně v krvi a CNS. Speciální situací koncentračního účinku je současné podání dvou inhalačních anestetik ve směsi, zejména pak oxidu dusného a potentnějšího zpravidla volatilního anestetika. Tato směs se využívá díky volumovým vlastnostem oxidu dusného, jenž umožní navýšit alveolární koncentraci volatilního anestetika. Rychlost úvodu do celkové anestezie ovlivňují činitelé, jenž navyšují či snižují alveolární a vdechovanou koncentraci směsi společně s prvkem distribuce látky v organismu. Metabolismus nehraje velikou úlohu v úvodu do celkové anestezie, ale důležitým faktorem se stává v oblasti rychlosti zpětného zotavení. Logickým úskalím vyplývajícím z charakteru inhalačních anestetik je jejich možnost do jisté míry způsobit útlum dýchání, v důsledku zvyšování koncentrace inhalované směsi. Možná apnoe následně vzniká na základě snížené sklípkové výměny plynů způsobené navyšováním současně vdechované a následně i intra alveolární anestetické směsi. Tato apnoe může paradoxně zabránit předávkování.<sup>[6]</sup> Fáze zotavování, kdy dochází k exhalaci, probíhá podobně jako již zmiňovaný úvod jen v opačném směru. To znamená, že závisí jednak na rozpustnosti látek v krvi, tak i na srdečním výdeji a ventilaci.

K posuzování účinnosti inhalačních anestetik slouží takzvaná minimální alveolární koncentrace (MAC), která značí přesnou koncentraci v alveolech přítomného inhalačního anestetika, jenž způsobí u 50 % anestezovaných osob stav, který vyřadí reakci ve formě pohybu při kožním řezu. Z podstaty MAC plyne nepřímá úměra v tom, že čím je nižší MAC, tím je inhalační anestetikum potentnější. Ve spojení inhalačního anestetika s dalšími anestetiky, hypnotiky nebo sedativy a též při značné chudokrevnosti, hypotermii,

graviditě a ve vazbě na věk se MAC snižuje.<sup>[19, 20]</sup> MAC platí pro inhalační anestetikum při tlaku 1 atmosféra a teplotě 37 °C. Klinicky bylo pozorováno, že MAC 1,2 – 1,3 spolehlivě brání pohybovým reakcím při chirurgickém výkonu. Vyřazení sebeuvědomění a vzpomínek z událostí zajišťuje dosažení 0,4 – 0,5 MAC inhalačního anestetika.<sup>[6]</sup> Vynecháme-li dnes již historickou metodu inhalační anestezie pomocí dietyléteru, je pro všechny inhalační anestetika nutný přístroj k jejich správnému podávání. Pro v pravém smyslu plynná anestetika je to průtokoměr čili rotametr a pro anestetika fungující na bázi vypařování (volatilní) je třeba odpařovač.

Pokud budeme teoreticky mluvit o charakteru, jenž by mělo splňovat ideální inhalační anestetikum, tak se jedná zejména o nedráždivost dýchacích cest ve spojení s absencí pachu či s příjemnou vůní, s tím, že by současně nemělo být anestetikum hořlavé a výbušné. Ideální inhalační anestetikum se vyznačuje rychlým nástupem efektu i jeho odezněním, což vypovídá o jeho nízké rozpustnosti v krvi. Společně s tím je požadována výhradní eliminace přes plíce postrádající vznik metabolitů. Co nejvyšší potence inhalačního anestetika je chtěná z praktického důvodu umožňujícího podávat více kyslíku, protože díky tomu je anestetika obecně potřeba méně. Dále je, jako i u jiných farmak, vyžadována nepřítomnost toxicity, teratogenity a nepříznivého vlivu na orgány parenchymatózního typu, dýchání či účinků způsobujících kardiodepresi. Naopak chtěné jsou prvky kardio a neuro protekce. V neposlední řadě by součástí vlastností ideálního inhalačního anestetika neměl chybět i analgetický účinek, fyzikální a chemická stabilita a nízká cena.<sup>[19]</sup>

## 1.3 Místní anestézie

Další podskupinou, kterou je nutné pro úplnost zmínit, je anestezie lokální. Podstata jejího účinku je ve vratném navození znečitlivění v dané oblasti lidského těla od dráždivý podnětů. Základem účinku je změna vodivosti membrány nervových vláken na základě vlivu místních anestetik či jejich působením společně s opioidy. Právě lokální anestezie může posloužit jako prostředek i pro tlášení bolesti v oblastech pooperační, porodní, akutní či chronické bolesti. Do regionální anestezie řadíme tyto techniky: infiltrační, intravenózní, epidurální, subarachnoidální anestezie a bloky periferních nervových pletení.<sup>[20]</sup>

## 1.4 Sedace

Sedací se rozumí inhibice vnímání různé hloubky. Do prvního z typů sedace řadíme sedaci navozenou při vědomí. Takto sedovaná osoba je reakční na slovní podnět (výzvu) a lze ji lehce probrat k plnohodnotnému vnímání. U takových pacientů zpravidla nedochází k poruchám životních funkcí, ve smyslu nebezpečí

obstrukce dýchacích cest či útlumu respiračního systému. Na druhé straně stojí sedace hluboká, u níž dochází ke ztrátě vědomí. Reaktivnost takového pacienta je jen na bázi somatické odpovědi na silný bolestivý podnět. Zde na rozdíl od předešlé sedace při vědomí hrozí obstrukce dýchacích cest kvůli potlačeným reflexům a útlum dýchání. Takto nastavená sedace se může plynule změnit na celkovou anestezii.<sup>[19]</sup>

## 1.5 Analgezie

Pro tuto práci je též nutné, alespoň v krátkosti shrnout podstatu tišení bolesti. Analgezie znamená uměle navozené snížení citlivosti bolesti.<sup>[19]</sup> Většinou míra analgezie závisí na individuální výšce prahu bolesti pacienta. Kvůli této individualitě je nutno měřit bolest pomocí škál, ze kterých pacient určuje srovnatelnou míru bolesti, kterou pociťuje. Obecně se dá mluvit o spektru začínajícím od žádné bolesti přes malou, střední, silnou až nesnesitelnou bolest. Bolest se v drtivé většině řeší farmakologicky, ale lze jí tlumit v některých specifických případech i jinou metodou. Medikamenty na bolest se dají rozdělit na neopioidní a opioidní analgetika. Spojením již zmíněné sedace a analgezie vzniká takzvaná analgosedace, což je stav sníženého vnímání až vědomí ve spojení s tišením bolesti.<sup>[21]</sup>



## 2 OXID DUSNÝ

Druhou kapitolou se dostáváme k samotnému oxidu dusnému a zejména pak k jeho popisu z několika úhlů pohledu. Pro komplexní vzhled do této problematiky poslouží podkapitoly zabývající se bohatou historií tohoto medicínálního plynu, kapitoly popisující oxid dusný z hlediska jeho charakteru, technických specifikací, chemických a fyzikálních vlastností. V neposlední řadě je zde popsána i jedna z nejdůležitějších podkapitol, která vykresluje farmakologickou stránku oxidu dusného.

### 2.1 Historie oxidu dusného

Oxid dusný, jako medicínální plyn s lehkými anestetickými a analgetickými účinky, je znám už bezmála 250 let. Jeho historická jedinečnost spočívá v tom, že na rozdíl od jeho tehdejších současníků, jako byl chloroform či ether, se oxid dusný používá i v současné anesteziologii.<sup>[1]</sup> Prvním objevitelem oxidu dusného byl v roce 1772 Joseph Priestley.<sup>[2]</sup> S počátečními experimenty začal v roce 1800 anglický chemik Humphry Davy v Pneumatic Institute v Bristolu. Svými pokusy tento vědec jako první popsal analgetické účinky tohoto plynu a kvůli účinkům vyvolávajícím euforii tuto látku nazval anglickým termínem „laughing gas“, což v překladu znamená plyn, jenž vyvolává smích. Obdobně ho pojmenovali i Němci „Lachgas“, v českém jazyce se pak vžil název „rajský plyn“. Do roku 1844 byl oxid dusný používán jen jako rekreační droga.

Anestetické účinky oxidu dusného předvedl na začátku roku 1845 Horace Wells z Bostonu. Jeho pokus však před zraky chirurga Warrena dopadl neúspěšně a použití oxidu dusného bylo označeno za „humbuk.“<sup>[1, 26]</sup> V této době klinické demonstrace dokazovaly, že oxid dusný má méně přesvědčivé účinky než ether. Potence oxidu dusného totiž při 80 % koncentraci fungovala pouze jako analgezie, ne však jako chirurgická anestezie. Z tehdejší nabídky tří inhalačních anestetik (chloroform, ether, oxid dusný) byl rajský plyn nejméně účinný a kvůli tomu též nejméně populární. Samostatně podaný totiž způsoboval asfyxii. Z tohoto důvodu upadl oxid dusný na několik desítek let do zapomnění. Rajský plyn se dostává znovu na scénu v roce 1868 a byl Edmundem Andrewsem použit ve směsi s 20 % kyslíkem. Tento počín však byl znovu překryt vysokou popularitou chloroformu a etheru.<sup>[3]</sup>

V roce 1881 Stanislav použil oxid dusný jako léčbu anginy pectoris a v roce 1969 Ruben dokončil studii citující více jak tři miliony sedací směsí oxid dusný / kyslík bez nehody. Požívání oxidu dusného bylo z části obnoveno v osmdesátých letech 19. století, kdy byl Klikowiczem nově využit k tlumení bolesti při porodu. Jeho užití v tomto období však narazilo na staronovou komplikaci asfyxie, k níž dochází z důvodu přílišné koncentrace. Až nové poznatky objevené po druhé světové válce v oblasti fyziologie a farmakologie dovolili jeho

bezpečnější používání.<sup>[1, 26]</sup> Technické vybavení pro podávání oxidu dusného se však zlepšuje až od druhé půlky 20. století zejména ve stomatologii a v oblasti porodní analgezie.<sup>[2]</sup> Dnes používaná směs 50 % oxidu dusného s 50 % kyslíku se začala používat od šedesátých let 20. století, a to zejména v přednemocniční péči. Kvůli náročnému způsobu podávání v tehdejších prostorách sanitních vozů a v ambulancích se v Československu od jeho aplikace pozvolna upouštělo.<sup>[1]</sup>

## 2.2 Charakteristika oxidu dusného

Oxid dusný je medicínální plyn s anxiolytickými, euforizujícími, amnestickými, analgetickými a lehkými hypnotickými a sedativními účinky. Výsledný účinek závisí na výšce koncentrace. Minimální alveolární koncentrace (MAC) je 104.<sup>[2]</sup> Oxid dusný nikdy nesmí být podáván pacientovi ve 100% koncentraci, vždy musí být kombinován s kyslíkem (O<sub>2</sub>) kvůli hrozbě asfyxie. Dokonce ani v 80 % vdechované směsi, oxid dusný neumožňuje operační anestezii.<sup>[5]</sup> Jinými slovy vysoké koncentrace oxidu dusného způsobují hypoxémii, na druhou stranu však nízké koncentrace (menší než 50 %) ztrácejí analgetický účinek.<sup>[20]</sup> Z tohoto důvodu se oxid dusný nepoužívá jako samotné monoanestetikum, není totiž schopen v přiměřené koncentraci navodit dostatečnou anestezii.

Na druhé straně je rajský plyn velmi příhodným pomocníkem, při již zmiňované anestezii či analgezi.<sup>[4]</sup> Jednak slouží jako adjuvantní součást celkové anestezie (70 % N<sub>2</sub>O s O<sub>2</sub>) a také potencuje efekt ostatních anestetik či analgetik a tím snižuje jejich požadovanou dávku. Proto se často oxid dusný používá jako nosné médium pro volatilní anestetika.<sup>[6]</sup> Oxid dusný má rychlý nástup účinku z důvodu malé rozpustnosti v krvi.<sup>[5]</sup> Odeznění účinku po zastavení přívodu do plic, kdy je plyn přenášen z mozku do krve a po sléze vydechován, je též poměrně rychlé.<sup>[4]</sup> Nejvyšší, relativně bezpečná koncentrace oxidu dusného je 70 % a v klinické praxi se nejvíce aplikuje koncentrace mezi 50% a 70 %.<sup>[4]</sup> Po několika hodinách podávání rajského plynu se rozvíjí akutní tolerance k dílčím účinkům. Oxid dusný se především používá v chirurgických nebo jiných ambulancích a také v přednemocniční neodkladné péči k tlumení akutní bolesti.<sup>[2]</sup> V současné době se aplikuje za tímto účelem mix 50 % kyslíku a 50 % oxidu dusného pod firemními názvy Entonox či Livopan uchovávaný v tlakových lahvích.<sup>[1]</sup>

## 2.3 Technické specifikace oxidu dusného

Oxid dusný je vyráběn rozkladem dusičnanu amonného.<sup>[2]</sup> Tato reakce je velmi exotermní. Při místním přehřátí může dojít k výbuchu. Existují ovšem i jiné a bezpečnější cesty přípravy, např. zahříváním směsi alkalického dusičnanu se síranem amonným nebo redukcí kyseliny dusičné například chloridem cínatým či zinkem za přítomnosti kyseliny solné nebo kyseliny sírové.<sup>[7]</sup> Oxid dusný je téměř vždy prodáván do nemocnic ve velkých lahvích spojených rozdělovačem s funkcí automatického přechodu. Hromadné skladování oxidu dusného v tekuté formě je ekonomické pouze ve velmi velkých zařízeních.<sup>[3]</sup> V nemocnicích tedy můžeme vidět dva způsoby uchovávání a distribuce. Za prvé je to centrální rozvod medicínálních plynů, který vyúsťuje na odběrových místech odkud může být napojen na anesteziologický přístroj či v tlakových láhvích, které jsou přímo u anesteziologického přístroje.<sup>[19]</sup> Pokud jde o tlakové láhve tak rajský plyn je v nich dodáván v 95 % koncentraci společně s 5 % dusíku za tlaku 5,1 megapascalu (MPa).<sup>[20]</sup>

Díky kritické teplotě oxidu dusného (36,5 °C) může být udržován v tekuté formě i při pokojové teplotě, a to bez chladicího systému. Pokud teplota tekutého rajského plynu vystoupá nad kritickou hodnotu, začne se navracet do svého plynného skupenství. Jelikož oxid dusný je lehce stlačitelný, tato proměna není doprovázena velkým vzestupem tlaku v cisterně. Nicméně stejně jako u kyslíkových lahví jsou všechny láhve oxidu dusného vybaveny bezpečnostním uzávěrem pro prevenci exploze v případě neočekávané výšky tlaku plynu (např. neúmyslné přeplnění nebo během požáru). Ačkoliv narušení dodávky z centrálního rozvodu plynů nebývá obvykle vážné, většina anestetických strojů má zásobu oxidu dusného v lahvích. Menší láhve též obsahují oxid dusný v tekutém skupenství, což znamená, že objem zbývající v láhvi není úměrný tlaku v láhvi. Pokud je tekutý oxid dusný udržován při stálé teplotě (20 °C), bude se odpařovat ve stejném množství jako je konzumován a bude udržován na stejném tlaku (51,4 baru), dokud se tekutina nevyčerpá. Jediná spolehlivá metoda, jak určit zbývající objem oxidu dusného, je zvážit láhev. To znamená, že tlak začne uvnitř láhve klesat až po tom, co dojde k vyčerpání oxidu dusného.

Důležitý je také fakt, že plyn pod takto vysokým tlakem není vhodné zavádět do dýchacích cest. Z toho důvodu je nutné tlak snížit redukčním ventilem (zpravidla dvoustupňovým) na takzvanou pracovní hladinu, která činí 3-4 atmosféry. Z tohoto důvodu je hmotnost prázdné láhve vyražena na straně. Přetlak v láhvi s oxidem dusným by neměl překročit 51,4 barů při teplotě 20 °C. Vyšší hodnota naznačuje špatnou funkci měřiče, přeplnění nádrže nebo signalizuje, že láhev obsahuje jiný plyn než oxid dusný. Při přeměně N<sub>2</sub>O z kapalného na plynné skupenství je energie spotřebovávána (skryté teplo odpařování). Jinými slovy se tekutý oxid dusný během tohoto procesu ochlazuje. Pokles teploty je výsledkem nižšího tlaku páry a tím i nižšího tlaku v láhvi. Chladnutí je proto výrazné při vysokých průtokových rychlostech. Často dochází k výtvaru námrazy na cisterně a tlakový regulátor může za takových okolností zamrznat.<sup>[3, 19]</sup>

## 2.4 Chemické a fyzikální vlastnosti oxidu dusného

Oxid dusný ( $N_2O$ , dinitrogenii oxidum, rajský plyn) je bezbarvý, nedráždivý, nasládle chutnající, a v podstatě nezapáchající plyn. Ačkoli je nevybušný a nehořlavý, je stejně jako kyslík schopný podporovat hoření.<sup>[3]</sup> Oxid dusný je netoxický, ale je těžší než vzduch, a proto se může hromadit v níže položených místech.<sup>[13]</sup> V anesteziologii jsou oxid dusný společně s xenonem jedinými používanými anorganickými plyny.<sup>[1]</sup> Hodnota molekulární hmotnosti dosahuje čísla 44, přičemž poměrná hustota je 1,53 (vzduch = 1). Bod varu se nachází okolo  $-89\text{ }^\circ\text{C}$ . Pro tuto práci je důležitá hodnota koeficientu rozpustnosti krev-plyn, jenž činí 0,47.<sup>[2]</sup> Narozdíl od silně těkavých látek je oxid dusný plyn uchovávaný za pokojové teploty a okolního tlaku. Může být udržován jako tekutina pod tlakem, protože jeho kritická teplota leží výše než pokojová teplota, viz technické specifikace. Oxid dusný je relativně levné anestetikum, nicméně obavy týkající se jeho bezpečnosti vedly k trvalému zájmu o alternativy, jako je xenon.<sup>[3]</sup>

Firmám vyrábějícím Entonox a Livopan se povedlo překonat problémy dříve vznikající při změně okolní teploty či měnící se polohy láhve. Těmito vlivy totiž docházelo k rozdělení obou složek plynné směsi ( $N_2O$  a  $O_2$ ), a tím ke špatně kontrolovatelné koncentrační hladině aplikované premixy.<sup>[19]</sup> Ovšem i přesto je nutné myslet na tendenci separace směsi plynů  $N_2O$  /  $O_2$  v jednotce Entonoxu v chladném počasí. Entonox musí být používán s opatrností při teplotách pod  $-6\text{ }^\circ\text{C}$ . Za chladného počasí by měla být dodržována jistá opatření, např. převrácení nádrže třikrát před použitím (dobré promíchání), omezení použití venku (spíše ve vyhřívané sanitce) a uložení jednotky horizontálně po každém výjezdu.<sup>[23]</sup>

## 2.5 Oxid dusný z farmakologického hlediska

I přesto, že je oxid dusný plyn, tak se stále řadí mezi farmaka. Proto stejně jako u jiných medikamentů je u něj možné popsat dvě základní složky působení, a to farmakodynamiku a farmakokinetiku. Tyto podkapitoly mají za úkol co možná nejlépe osvětlit fungování oxidu dusného v lidském organismu.

### 2.5.1 Farmakodynamika

Farmakodynamika pozoruje efekt léčiva na lidské tělo. Je to podobor farmakologie studující mechanismy účinků léčiv a jejich vzájemné ovlivňování (interakce).<sup>[8]</sup> To znamená, že předmětem zkoumání farmakodynamiky je zejména mechanické působení léčiv a závislost účinku léčiva na jeho množství. Stěžejní efekt

pak závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech léčiva a též na jeho schopnostech při navázání na cílové receptory, enzymy apod. Farmakodynamiku lze rozdělit jednak na obecnou, jenž se zabývá principy účinků a jejich mechanismy v rovině obecně platících zákonitostí, či na druhé straně na farmakodynamiku speciální, která mluví o efektu konkrétních skupin nebo samotných léčiv.<sup>[9]</sup>

### 2.5.1.1 Farmakodynamika oxidu dusného

Samotná podkapitola s názvem „Farmakodynamika oxidu dusného“ se spíše než obecně, lépe popisuje na jednotlivých tělních systémech nebo jednotlivých orgánech. Proto jsou dále pospány farmakodynamické vlivy oxidu dusného v neuromuskulárním, dýchacím, kardiovaskulárním, gastrointestinálním systému či v ledvinách a játrech.

#### 2.5.1.1.1 Neuromuskulární systém

Vliv oxidu dusného na mozek a jeho fyziologii není zcela jasný (v rámci druhu mají účinky značnou variabilitu).<sup>[6]</sup> V oblasti nervosvalového aparátu má oproti jiným zejména volatilním inhalačním anestetikům oxid dusný minimální vliv na elektroencefalografii (EEG) a bispektrální index (BIS). Na druhé straně jsou však autoři, jenž uvádějí zvýšený bispektrální index na základě slabé aktivace na EEG.<sup>[1]</sup> Samotný rajsý plyn má dle některých zdrojů malý vliv na mozkový krevní průtok, cerebrální metabolismus nebo intrakraniální tlak. Ovšem po přidání volatilního anestetika do N<sub>2</sub>O může tato směs teoreticky dále potencovat mozkový krevní průtok. Když je N<sub>2</sub>O podáván samotně může způsobovat mozkovou vasodilataci a tím potenciálně zvýšit nitrolebeční tlak. Oxid dusný též zvyšuje mozkovou spotřebu kyslíku.<sup>[3]</sup> Jeho samotná či kombinovaná inhalace též přispívá ke zvýšení aktivace sympatiku.<sup>[6]</sup> Při dlouhodobé expozici rajského plynu se zpravidla objevují projevy neurologického charakteru jako například: otupění, snížení aktivity hlubokých šlachových reflexů, cítění elektrických výbojů v těle a kognitivní dysfunkce. Nález histologických změn pak svědčí o zduření mitochondrií a o apoptóze.<sup>[2]</sup> Zdá se, že oxid dusný má antineuroprotektivní účinek.<sup>[6]</sup>

Některé zdroje uvádějí, že oxid dusný může negativně působit při ischemickém mozkovém poranění, a to z důvodu zvýšeného metabolismu mozkové tkáně. Oproti tomu však stojí fakt, že N<sub>2</sub>O je antagonistou NMDA (N-methyl-D-aspartátových) receptorů. Svým antagonizujícím efektem tak oxid dusný může snížit uvolňování glutamátu, a proto působit prospěšně při mozkové ischemické příhodě.<sup>[2]</sup> Na rozdíl od jiných inhalačních látek, oxid dusný neposkytuje významnou svalovou relaxaci. Ve skutečnosti, při vysokých koncentracích v hyperbarických komorách, oxid dusný zapříčiňuje ztuhlost kosterního svalstva. Oxid dusný současně není spouštěcí látkou maligní hypertermie.<sup>[3]</sup> V osmdesátých letech dvacátého století bylo zjištěno, že

koncentrace již od 10 % až 20 % N<sub>2</sub>O značně působí na psychomotorické funkce. Po přerušení aplikace se rajský plyn z organismu vylučuje rychle. Konkrétně člověk, jenž inhaloval je schopen řídit automobil do 30 minut po inhalaci.<sup>[1]</sup>

#### **2.5.1.1.2 Dýchací systém**

Z hlediska dechových parametrů se po inhalaci oxidu dusného zvyšuje zejména dechová frekvence a ve spojitosti s tím dochází přirozeně k snížení dechového objemu. Důvodem toho je pravděpodobně nervová stimulace a odezva plicních receptorů na roztažení.<sup>[1]</sup> Minutová ventilace a hladina arteriálního oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) se téměř nemění.<sup>[3]</sup> Na druhé straně stojí však skutečnost, že oxid dusný už při nízkých koncentracích ovlivňuje takzvaný „hypoxic drive“.<sup>[2]</sup> To znamená, že respirační odpověď na arteriální hypoxii, jenž je zprostředkována periferními chemoreceptory v karotidách, je výrazně snížena i malým množstvím oxidu dusného.<sup>[3]</sup> U pacientů s klidovou plicní hypertenzí může být vlivem rajského plynu zvýšená plicní vaskulární rezistence.<sup>[6]</sup> Jak již bylo v předchozích kapitolách zmíněno, tak oxid dusný je téměř bez zápachu, z toho důvodu nezpůsobuje podráždění sliznice bronchů a jeho aplikace je subjektivně příjemná.<sup>[2]</sup>

#### **2.5.1.1.3 Kardiovaskulární systém**

Efekt N<sub>2</sub>O na kardiovaskulární systém je z klinického hlediska zanedbatelný. Klinické studie prokázaly, mírné navýšení srdeční frekvence, tepového objemu a též periferní rezistence.<sup>[1]</sup> Z toho vyplývá, že oxid dusný má tendenci stimulovat sympatický nervový systém. Tím pádem, i když oxid dusný přímo snižuje kontraktilitu myokardu in vitro (v laboratorních podmínkách), arteriální tlak, srdeční výdej a srdeční tep jsou v podstatě nesnížené anebo mírně zvýšené in vivo (na živém subjektu). Tyto důsledky plynou ze stimulace katecholaminů.<sup>[3]</sup> Mimořádně, vyplavení katecholaminů způsobuje účinky, jenž má rajský plyn na psychiku.<sup>[2]</sup> Myokardiální deprese může být odhalena u pacienta s poškozením koronárních tepen nebo při těžké hypovolemii. Konstrikce hladkého cévního svalstva plic zvyšuje plicní cévní rezistenci, což má obecně za následek mírné zvýšení konce diastolického krevního tlaku pravé komory. I přes vazokonstrikci kožních cév se periferní cévní rezistence významně nemění. Důležité je také zmínit fakt, že vliv oxidu dusného na oběhový systém je také ovlivňován souběžnou standardní aplikací kyslíku v koncentraci přesahující jeho koncentraci ve vzduchu. Důsledkem toho je pak nárůst krevního tlaku, tepové frekvence a zvýšená přítomnost srdečních arytmií. Snížení úzkosti a strachu za použití efektu oxidu dusného je velmi žádané u pacientů s ischemickou chorobou srdeční.<sup>[2]</sup>

#### 2.5.1.1.4 Gastrointestinální systém

Za běžných klinických předpokladů  $N_2O$  nepůsobí na činnost gastrointestinálního traktu (GIT). V koncentracích přesahujících 50 %<sup>[2]</sup> u dospělých zvyšuje riziko pooperační nauzey a zvracení, a to pravděpodobně z důvodu aktivace chemoreceptorů spouštějících centrum zvracení v medule.<sup>[3]</sup> Z toho důvodu se doporučuje před sedací čtyři hodiny lačnit. Existují ovšem názory jenž, hladovění před inhalací považují za nepodstatné. Skutečností je, že jsou zachovány reflexy dýchacích cest, tudíž nehrozí riziko aspirace.<sup>[2]</sup>

#### 2.5.1.1.5 Ledviny a játra

Zdroje pojednávající o této problematice stojí téměř v opozici. Ten první zastává pohled, že oxid dusný nijak neovlivňuje perfuzi krve orgány, včetně ledvin a jater. Argument pro toto tvrzení je podložen faktem, že  $N_2O$  není prakticky metabolizován a je znovu vydýchán prakticky pouze plícemi. Z toho důvodu nezatěžuje metabolismus jater či ledvin a proto je vhodný pro pacienty se závažnou dysfunkcí orgánů tohoto parenchymálního typu.<sup>[2]</sup> Jiné zdroje ovšem uvádějí, že oxid dusný snižuje průtok krve ledvinami kvůli zvyšující se renální cévní rezistenci. To vede ke snížení glomerulární filtrace a redukované produkci moče. Průtok krve játry je podle těchto názorů pravděpodobně také snížen, ovšem v menším rozsahu než za použití volatilních anestetik.<sup>[3]</sup>

## 2.5.2 Farmakokinetika

Druhá oblast působení léčiv spadá pod problematiku farmakokinetiky. Farmakokinetika znamená osud daného léčiva v lidském těle v reálném čase. Tento běh léčiva tělem můžeme rozdělit do několika stěžejních částí. Začíná vstřebáváním (absorpcí), rozložením, distribucí a metabolismem. Cesta pokračuje vzájemným ovlivňováním či interakcí a končí vyloučením (eliminací) z těla. Problematika farmakokinetiky je jedna z důležitých informací, k nimž musí lékař při podávání přihlídnout. Co se týče cest eliminace léků z organismu tak některé se vylučují ledvinami, další převážně játry přes žluč a jiné stolicí. Samotné látky se pak mohou vylučovat v aktivní či neaktivní formě a z časového hlediska některé léky zůstávají v organismu až týdny jiné pak několik hodin atd. Lékař také nesmí zapomínat na možnost nechtěného vzájemného ovlivňování jednotlivých léků např. indukci jaterních enzymů.<sup>[10]</sup>

### 2.5.2.1 Farmakokinetika oxidu dusného

Zajímavou skutečností z farmakokinetického hlediska je konkrétně u oxidu dusného jeho téměř ideální kinetika. Stejně jako u jiných inhalačních anestetik se dostává do krevního řečiště přes plíce a pokračuje dál do centrální nervové soustavy, kde spočívá cíl jeho účinku.<sup>[1]</sup> Absorpce tedy probíhá po vdechu výměnou plynů mezi alveolárním plynem a kapilární krví. Koncentrace v alveolech se vyrovnává inhalované koncentraci do pěti minut. S tím souvisí i jeho nástup účinku, který se dostavuje do dvou až pěti minut.<sup>[13]</sup> To, jak rychle dosáhne daný lék svého požadovaného účinku „steady-state“ závisí na tzv. koeficientu krev-plyn, což znamená, že závisí na rozpustnosti inhalovaného plynu v krvi. Platí zde proto nepřímá úměra, že čím, je nižší hodnota koeficientu krev-plyn (tedy, že je plyn méně rozpustný v krvi), tím dochází k rychlejšímu nástupu účinku.

Společně s desfluranem je oxid dusný nejméně rozpustný v krvi a tím také nejrychleji působící. Transport rajského plynu krví probíhá v jeho volném stavu, to znamená, že se neváže na hemoglobin a je tak transportován do všech tkání těla.<sup>[2, 13]</sup> Fakt, že je oxid dusný velmi špatně rozpustný v krvi a v ostatních tkáních, mu umožňuje rychlý vstup a výstup z těla.<sup>[11]</sup> Konkrétně koeficient oxidu dusného mezi krví a plynem je 0,47, z toho vyplývá, že k vyrovnání alveolární koncentrace s krevní koncentrací je relativně rychlé. Díky tomuto efektu nastupuje účinek v rámci několika minut. S tím souvisí i skutečnost, že jeho potence či míra hloubky sedace může být během výkonu rychle regulována změnou inhalované koncentrace. V samotné krvi oxid dusný vytěsňuje dusík, jenž je třicet pětkrát míň rozpustný než rajský plyn, současně není prakticky metabolizován a je zase zpět eliminován plícemi ven z organismu.<sup>[1]</sup> Malé množství N<sub>2</sub>O difunduje skrz kůži. Biotransformace je limitována méně než 0,01 %, jenž podléhá reduktivnímu metabolismu v GIT anaerobními bakteriemi.<sup>[3]</sup>

Jak je již výše uvedeno, tak oxid dusný se značně lépe rozpouští v krvi nežli dusík. V důsledku přijatého oxidu dusného je o to méně v krvi rozpuštěného dusíku. To má za následek vytvoření jakéhosi vakua. Jinými slovy je v alveolu přítomný koncentrační účinek, jenž je vyšší než předpokládaná koncentrace oxidu dusného právě v plicním sklípku. Toto pravidlo vytyčuje dvě velmi zásadní vlastnosti N<sub>2</sub>O.<sup>[2]</sup> Za prvé oxid dusný téměř okamžitě difunduje do uzavřených dutých tělních prostorů, a to spěje k jejich rychlému rozpětí. Dusík nalézající se v takovéto dutině nedokáže tak rychle difundovat pryč jako rajský plyn difunduje dovnitř. Jako příklad můžou posloužit střevní kličky či dutiny v processus mastoideus. Samotnou absolutní kontraindikací je přítomnost pneumotoraxu z důvodu hrozby nárůstu intrathorakálního tlaku a následný posun mediastina.<sup>[1]</sup> Druhou situací, jenž nastává na základě vlastností oxidu dusného je, že po skončení inhalace N<sub>2</sub>O, přichází protiklad koncentračního účinku. V prvních minutách po ukončení aplikace oxidu dusného dochází k takzvané difuzní hypoxii z důvodu rychlé eliminace N<sub>2</sub>O ve směru plic a tím k ředění přítomného kyslíku. Tuto situaci lze jednoduše odvrátit tří minutovou oxygenací 100 % kyslíkem po ukončení expozice oxidu dusnému. Po stomatologických zákrocích bylo u pacientů prokázáno, že žádné problémy nepřináší ani vynechání této



oxygenace, ale obecně se bere tento postup jako dobrý standart.<sup>[2]</sup> Ředění parciálního alveolárního tlaku kyslíku při eliminaci je však důležité řešit u pacientů s respiračními onemocněními.<sup>[5]</sup>

### 2.5.2.2 Lékové interakce

Lékové interakce vyplývají z toho, že oxid dusný přímo působí na opiátové receptory (subtypy OP2, OP3), GABA (kyselina gama-aminomáselná) receptory (subtyp A) a glutamátové receptory (subtyp NMDA).<sup>[13]</sup> Protože vysoká minimální alveolární koncentrace oxidu dusného (MAC N<sub>2</sub>O je 104 %) brání jeho použití jako celkového anestetika, je častěji používán v kombinaci se silnějšími volatilními látkami.<sup>[3]</sup> Tím, že veškerá inhalační anestetika účinkují díky interakci s GABA a glutamátovými receptory, tak navzájem potencují svoje účinky.<sup>[13]</sup> Pokud je tedy oxid dusný používán s jinými zpravidla volatilními anestetiky, tak snižuje jejich minimální alveolární koncentraci a současně zesiluje analgetickou komponentu při celkové anestezii.<sup>[2]</sup> To znamená, že výše absorpce volatilního anestetika v krvi může být vylepšena společnou aplikací s oxidem dusným.<sup>[5]</sup> Přidání oxidu dusného do anestetické směsi snižuje potřebu onoho inhalačního anestetika (65 % oxidu dusného snižuje MAC volatilního anestetika přibližně o 50 %).<sup>[3]</sup> Výhodným důsledkem použití nižší koncentrace volatilního inhalačního anestetika je menší výskyt respiračních a kardiovaskulárních nežádoucích účinků a též umožňuje rychlejší probuzení k vědomí.<sup>[4]</sup> Koncentrace oxidu dusného může ovlivňovat koncentraci dávky volatilního anestetika proudícího přes odpařovač. Pro příklad, snížením koncentrace oxidu dusného (tj. zvyšováním koncentrace kyslíku) se zvyšuje koncentrace volatilní látky i přes konstantní nastavení odpařovače. K tomuto efektu dochází kvůli rozdílné rozpustnosti oxidu dusného a kyslíku v tekutině volatilního anestetika.<sup>[3]</sup> Rychlý přechod oxidu dusného z alveol do krve koncentruje volatilní anestetikum v alveolách, čímž zvyšuje i jeho přechod do krve. Navíc, objem přecházející z alveol do krve je vyměňován vdechovaným plynem, tím pádem se zvyšuje dávka volatilního anestetika do alveol a urychluje jeho absorpci.<sup>[5]</sup>

Oxid dusný potencuje neuromuskulární blokády, ale méně než volatilní látky.<sup>[3]</sup> Mimo ostatní inhalační anestetika rajský plyn navyšuje účinky některých benzodiazepinů (např. flunitrazepam),<sup>[2]</sup> a u balancované anestezie též opioidů.<sup>[4]</sup> Opiáty mají přídatný efekt na analgetické a sedativní účinky rajského plynu. Společně se zmiňovanými benzodiazepiny, tak i barbituráty působí na benzodiazepinový receptor a alosterické vazebné místo (GABA komplex) a tím potencují efekt oxidu dusného. Jedním z úskalí kombinace oxidu dusného se sedativy může být nedostatečná saturace krve kyslíkem. Zvyšování efektu vlivem oxidu dusného platí též pro myorelaxační účinek nedepolarizujících svalových relaxancií (př: pankuronium, vekuronium). V souvislosti s negativním účinkem oxidu dusného ve smyslu deaktivace kobalamínu (vitamín B12) se zvyšuje toxicita nitroprusidu a metotrexátu. Tomu lze předejít souběžnou substitucí vitamínu B12 při dlouhodobější expozici N<sub>2</sub>O.<sup>[13]</sup>

## 2.6 Zařazení oxidu dusného do současné palety léčiv

Rajský plyn je díky svému charakteru užíván jako složka celkové anestezie, konkrétně jako nosný plyn či základní anestetikum pro přidaná volatilní anestetika. Zároveň však v nižších koncentracích funguje jako sedativum a analgetikum v řadě medicínských oblastech. Inhalace je bezpečná a je provázena minimem nežádoucích účinků, pokud je koncentrace do 50 %. Tento plyn svými vlastnostmi značně rozšiřuje farmakologické možnosti při navození analgezie či sedace s výhodou rychlého nástupu a následného odeznění účinku. Za zmínku stojí, že oxid dusný v registrované směsi 50 % N<sub>2</sub>O/50 % O<sub>2</sub> (Entonox) by teoreticky mohl být podáván i proškoleným nelékařským zdravotnickým personálem.

Nespornou výhodou také je poměrně srovnatelná cena ke klasické analgosedaci, díky čemuž se N<sub>2</sub>O jeví jako příhodná alternativa.<sup>[2]</sup> Podle informací z pilotního projektu Zdravotnické záchranné služby hlavního města Prahy je cena pětilitrové láhve s hadicí a náhubkem (jedna sada), tři tisíce korun českých (vzhledem k pilotnímu projektu).<sup>[12]</sup> Směs 50 % N<sub>2</sub>O/50 % O<sub>2</sub> je díky své formě „vždy po ruce“. Toto spojení rychlé dostupnosti v kombinaci s rychlým nástupem účinku a odezněním přispívá k rychlejšímu a tím i výhodnějšímu použití oproti klasické analgosedacím technikám. Nespornou výhodou je i stav pacienta po inhalaci. Po aplikaci rajského plynu je možno hned pít i jíst a díky relativně rychlé nápravě psychomotorických funkcí lze řídit automobil už po uplynutí třiceti minut. Benefitem je též absence těžkých nežádoucích účinků a u častěji vyskytovaných mírnějších nežádoucích účinků dochází k rychlé nápravě.<sup>[2]</sup>

## 2.7 Účinky oxidu dusného

Ze shrnutí účinků zmíněných v kapitole pojednávající o farmakodynamice vyplývá, že oxid dusný má velmi malý vliv na oběh kardiálně zdravých lidí (negativně inotropní účinek), respirační efekt je buď žádný, nebo se demonstruje mírným útlumem dýchání. Oxid dusný neovlivňuje jaterní funkce, ledviny, GIT a nemá myorelaxační účinky. Stěžejní účinek má však oxid dusný na nervový systém, kde způsobuje charakteristické účinky.<sup>[4]</sup> Účinek zpravidla nastupuje velmi rychle (2-3 minuty), což pro odeznění platí také.<sup>[19]</sup>

### 2.7.1 Žádoucí účinky oxidu dusného

V roce 1967 Parbrook popsal 4 úrovně analgezie oxidem dusným. Odlišné úrovně mohou být rychle dosaženy, protože arteriální tenzí bude do mozku doručeno 90 % z toho co bylo inhalováno, a to v rámci

minut. Parbrook zdůraznil, že klinické příznaky spíše než absolutní procento inhalovaného oxidu dusného, může identifikovat tyto zóny, protože mezi lidmi jsou značné rozdíly. Také zdůraznil důležitost již existujícího přesvědčení pacienta. Pokud dobrovolníci očekávali usnutí během inhalování 30 % oxidu dusného potom to činilo veliký podíl. Vhodné fyzické a psychologické prostředí zvyšuje akci oxidu dusného a může umožnit nižší dávce N<sub>2</sub>O větší efektivitu. Na rozdíl od mnoha jiných anestetických látek, se v případě oxidu dusného ukazuje účinek akutní tolerance, přičemž jeho účinnost je větší při uvedení než po období akomodace.<sup>[26]</sup>

### **2.7.1.1 Anxiolytický účinek**

Takzvaný anxiolytický účinek neboli utlumení úzkosti (anxiety) vzniká účinkem oxidu dusného na benzodiazepinových receptorech v centrální nervové soustavě. Účinky N<sub>2</sub>O navázané na benzodiazepinové mechanismy navíc lze antagonizovat specifickým antagonistou benzodiazepinů flumazenilem. Jednou z možností vysvětlení je, že oxid dusný podněcuje vyplavení endogenních benzodiazepinů, jenž poté stimulují místa určená pro jejich vazbu v GABAergním komplexu. K anxiolytickému účinku se v případě rajského plynu též přidává efekt euforizující a psychicky relaxační. Právě pro tyto účinky způsobené mezokortikálním dopaminergním systémem, byl rajský plyn již od začátku 19. století rekreačně využíván.<sup>[2]</sup>

### **2.7.1.2 Amnestický účinek**

Na amnesii nebo také zapomnění u rajského plynu panují dva odlišné názory. Jeden tvrdí, že amnesie se projeví až od vyšších koncentrací, konkrétně více než 50 %, zprostředkováním interakce N<sub>2</sub>O s NMDA receptory.<sup>[2]</sup> Jiné dokonce uvádějí, že se vyskytuje pravidelně v podobě anterográdní amnesie. Na druhou stranu jsou i autoři, jenž amnestický účinek zcela popírají.<sup>[1]</sup>

### **2.7.1.3 Analgetický účinek**

Oxid dusný má preemptivně analgetický efekt.<sup>[19]</sup> Účinky na tlášení bolesti jsou u aplikace oxidu dusného způsobeny uvolněním endogenních opioidů společně s interakcí noradrenergního systému a jeho drahami (inhibice GABAergních drah). Na jejich uvolňování se podílí též oxid dusnatý (NO), což je endogenní biologický regulátor. Již v 70. letech minulého století bylo prokázáno, že antinociceptivní účinky lze u myši a po sléze i u lidí antagonizovat specifickým antagonistou naloxonem. Výzkumy říkají, že jde zejména o opioidní receptory nacházející se v periakveduktální šedi (při odstranění nebo blokaci této oblasti zmizel i analgetický

účinek N<sub>2</sub>O),<sup>[2]</sup> či dokonce na supraspinální či spinální úrovni. Jak již bylo zmíněno, tak oxid dusný způsobuje stimulaci opioidních receptorů a tím indukuje uvolňování endorfinů či enkefalinů, což jsou endogenní opioidní peptidy. Při pokusech na potkanech bylo zjištěno, že při jednorázové inhalaci 75 % N<sub>2</sub>O se u sledovaného zvířete dvojnásobně zvýšila koncentrace metionin enkefalinu nacházejícího se v mozkových komorách.

V porovnání s klasickými opioidními analgetiky, analgezie oxidem dusným zhruba odpovídá inhibici bolesti po podání 15 miligramů morfinu do podkoží. Při výzkumech zabývajících se otázkou o kolik se zvýší práh bolesti při termickém bolestivém působení na holeň dobrovolníků bylo zjištěno, že nejvyššího prahu bylo dosaženo v 10. minutě, přičemž oxid dusný v 50 % koncentraci způsobil nárůst prahu bolesti o 33 %.<sup>[1]</sup> Některým ze zkoumaných lidí se dokonce práh bolesti během inhalace navrátil k výchozím hodnotám. Pokud se, ale rajský plyn podával s postupným navyšováním koncentrace o 10 % během časového úseku 45 minut, docházelo u konečné 50 % koncentrace více než ke dvojnásobnému nárůstu prahu bolesti. Na druhou stranu u některých pozorovaných osob se rychle rozvinula tolerance právě k analgetickému účinku. U zvířat bylo zjištěno, že ta, jež byla tolerantní na morfin, mají současně vypěstovanou toleranci i na oxid dusný. Lze tedy konstatovat, že do jisté míry je analgetický účinek N<sub>2</sub>O individuální. Některé studie se zaměřili na výzkum působení 50 % oxidu dusného na práh bolesti ve spojení se změnou nadmořské výšky. Ve výšce na úrovni moře se práh bolesti zvýšil o 71,5 %, v 1460 metrech o 40 % a ve výšce 3300 metrů jen o 19 %. Je tedy patrná vazba analgetického účinku oxidu dusného k jeho parciálnímu tlaku, jenž je odlišný v různých nadmořských výškách.<sup>[2]</sup>

#### **2.7.1.4 Anestetický účinek**

Anestetický efekt oxidu dusného vychází z jeho reakcí s NMDA receptory (N-methyl-D-aspartátové).<sup>[2]</sup> Jak už bylo v minulých kapitolách zmíněno, tak hypnotický účinek oxidu dusného je omezen z důvodu jeho vysoké minimální alveolární koncentrace, jenž činí 104 %. K celkové anestezii by tedy teoreticky muselo být hyperbarické prostředí.<sup>[1]</sup> To je však nereálné a jelikož tedy samotný oxid dusný nedokáže způsobit operační anestezii musí být kombinován s potentnějšími preparáty.<sup>[11]</sup>

Na druhou stranu však dokáže s výhodou snižovat MAC právě jiných silnějších inhalačních anestetik (sevofluran, isofluran) a současně přispívá k urychlení jejich účinku. V souvislosti s inhibicí bolesti je oxid dusný účinnou analgetickou komponentou celkové anestezie. Obecně existují dvě možné cesty farmak, jak rozvíjí hypnotický účinek. Jednak může inhibovat excitační dráhy v centrální nervové soustavě nebo také odtlumit inhibiční dráhy. Rajský plyn používá obě tyto cesty. Jeho mechanismus spočívá v současné vazbě na excitační NMDA receptory v roli nekompetitivního antagonisty, AMPA ( $\alpha$ -amino-3-hydroxy-5-metyl-4-isoxazolpropionová kyselina) receptory (subpopulace glutamátových receptorů). Mimo to, N<sub>2</sub>O též potencuje

inhibiční efekt GABAergních synapsí. Nejnovější informace říkají, že N<sub>2</sub>O působí na některé typy kaliových kanálů, jenž jsou důležité při nastavení nervové dráždivosti.<sup>[2]</sup> Díky jeho minimální rozpustnosti v plazmě a jiných tkáních dochází relativně rychle ke koncentrační rovnováze v těle. Z toho důvodu hypnotický účinek rychle nastupuje i opadá. Pro rychlejší odeznění účinku se zvyšuje koncentrace vdechovaného kyslíku.<sup>[14]</sup>

## 2.7.2 Nežádoucí účinky oxidu dusného

Oxid dusný v používaný v 50 % směsi s 50 % kyslíkem je z hlediska nežádoucích účinků relativně bezpečný a případné nežádoucí účinky jsou minimální. Na rozdíl od jiných zejména volatilních anestetik nevyvolává maligní hypertermii. Ale i přesto se jako u každého léčiva nežádoucí účinky ve vazbě na koncentraci, délku expozice či stav pacienta projevují.<sup>[2, 19]</sup> Takzvaný Amensův test hodnotící chemické látky z hlediska jejich mutagenních a karcinogenních účinků je v případě oxidu dusného negativní.<sup>[6]</sup>

### 2.7.2.1 Gastrointestinální poruchy

Zvracení a nevolnost patří k těm nežádoucím účinkům, jenž se vyskytují poměrně často.<sup>[13]</sup> Je však též důležité dodat, že tyto účinky se nejvíce objevují u senzitivnějších lidí a odeznívají bez léčby nedlouho po konci inhalace.<sup>[2]</sup> Faktem však zůstává, že při použití oxidu dusného jako složky v anestezii trvající déle než 30-60 minut je větší pravděpodobnost vzniku nauzey a zvracení v období po operaci.<sup>[19]</sup> Příčina nauzey a zvracení může spočívat ve zvýšeném objemu či tlaku ve střevě či středouší.<sup>[26]</sup>

### 2.7.2.2 Metabolické poruchy

Při nepřetržité expozici delší, než šest hodin hrozí riziko negativního vlivu na metabolismus methioninu a kyseliny listové.<sup>[2, 13]</sup> Další negativní vliv má oxid dusný na vitamín B12. Konkrétně na kobaltový obal molekuly vitamínu B12, kdy u něj dochází k jeho nevratné oxidaci. Tím nepřímou inhibuje aktivitu enzymů funkčně závislých na vitamínu B12. Jde o enzymy metionin syntetázu, tymidylát syntetázu, jenž jsou nepostradatelné pro myelinovou formaci, syntézu DNA (deoxyribonukleová kyselina) a katecholaminů. Pro příklad, pokud podáme 70 % koncentraci rajskeho plynu, projeví se v 50 % inaktivací metionin syntetázi již za 46 minut.<sup>[2, 3, 5, 6]</sup>

### 2.7.2.3 Poruchy krve, lymfatického systému a jiných buněčných struktur

Pokud je oxid dusný podáván déle než 24 hodin, jsou vyzorovány jeho vlivem vzniklé vážné hematologické poruchy. Riziko však nehrozí, pokud expozice netrvá déle než 6 hodin. Konkrétně jde o megaloblastovou anémii a granulocytopenii.<sup>[13]</sup> Příčina vyplývá z utlumujícího účinku N<sub>2</sub>O na kostní dřeň, přičemž ale není životaschopnost mononukleárních buněk ovlivněna.<sup>[3]</sup> Z tohoto důvodu by neměl být rajský plyn podáván pacientům s anemií a deficitem vitamínu B12 (souvislost s inhibicí methioninu). Jak již bylo zmíněno, tak tyto potíže nastávají při dlouhodobé expozici či při časté střídavé expozici. Ačkoli by takové expozici mělo být zabráněno, tak projevem nadužívání může být srpkovitá anemie.<sup>[5]</sup> Opakované či dlouhodobé užívání proto musí být kontrolováno pomocí laboratorních hematologických vyšetření zahrnujících megaloblastické změny a hypersegmentace neutrofilů.<sup>[13]</sup> V současné době dochází k poruše rychle dělících se buněk (hematopoetické buňky, spermatogeneze) téměř výhradně u lidí zneužívajících rajský plyn k rekreačnímu účelům.<sup>[19]</sup>

### 2.7.2.4 Poruchy nervového systému

Společně s žádoucími účinky oxidu dusného na nervovou soustavu se mohou objevit i ty nežádoucí. Mohou být neurologického či psychiatrického rázu, přičemž některé zdroje udávají i snížení spotřeby glukózy v mozku.<sup>[13]</sup> Mezi možné neurologické účinky se počítá epilepsie, zvýšení intrakraniálního tlaku či spastická paréza. Pokud dojde k prodloužené expozici více koncentrovanému N<sub>2</sub>O dochází k značným neurologickým deficitům.<sup>[3]</sup> Při vystavení organismu těmto podmínkám může dojít k polyneuropatii či myelopatii, přičemž v případě pacienta s nedagnostikovaným subklinickým nedostatkem vitamínu B12 se neurologická toxicita může projevit i po jednorázové aplikaci.<sup>[13]</sup> Při dlouhodobém vystavování organismu vysokým koncentracím působí oxid dusný neurotoxicity. Konkrétně u osob dlouhodobě zneužívajících rajský plyn k rekreačním účelům byla pozorována sensorická neuropatie, jež je obvykle spojena se známkami degenerace laterální míchy.<sup>[6, 19]</sup> Do oblasti psychiatrických důsledků navozených vlivem N<sub>2</sub>O spadají možné psychedelické účinky, psychotické poruchy, zmatenost, anxiolýza, euforie.<sup>[13]</sup> Přibližně v 5 % může docházet ke bolestem hlavy a k závratí. Tyto účinky však přetrvávají krátkodobě a rychle odeznívají.<sup>[2]</sup>

### 2.7.2.5 Potíže při fertilitě, v těhotenství a u novorozence

Při experimentech na zvířatech byla zaznamenána reprodukční toxicita. U osob vystavených opakovanému působení oxidu dusného byly pozorovány případy snížené plodnosti a kongenitálních abnormalit. Tyto změny byly též zaznamenány u zdravotnického a pomocného personálu. Není potvrzen výskyt

kongenitálních změn po krátkodobé expozici těhotné ženy oxidu dusnému.<sup>[13]</sup> Z důvodu potenciálně hrozícího teratogenního účinku na vyvíjející se embryo či plod a též kvůli inhibici metioninsyntetázy a tymidylátsyntetázy (porucha tvorby myelinu a DNA), je však zamezováno kontaktu N<sub>2</sub>O s těhotnými ženami, s výjimkou pacientek ve třetím trimestru.<sup>[3, 6]</sup>

Oxid dusný by neměl být u těhotných obecně používán, vyjma situací, kdy je to nezbytně nutné. Součástí prevence je proto ochrana personálu od pohybu a dýchání vzduchu s vyšším obsahem N<sub>2</sub>O. Obecně je personálu doporučeno se takovým prostorům vyhýbat. Aplikace oxidu dusného novorozencům se nedoporučuje, zejména těm nedonošeným, u kterých hrozí riziko mozkového krvácení. Ve výjimečných případech může dojít u novorozence k útlumu dýchání vlivem matčiny inhalace. Kvůli tomuto nebezpečí platí, že pokud je rajský plyn podáván matce při porodu, měl by být novorozenec posléze kvůli hrozbě útlumu dechu kontrolován.<sup>[13]</sup>

#### **2.7.2.6 Poruchy oka**

Z důvodu expanze oxidu dusného do dutin se může zpomalit oční pohyby. Též může nastat situace, kdy se po aplikaci oxidu dusného zvýší nitrooční tlak nebo objem očí v důsledku předešlé aplikace nitrooční injekce obsahující plyn.<sup>[13]</sup>

#### **2.7.2.7 Poruchy ucha a labyrintu**

Ucho je jedním z orgánů, jenž v sobě fyziologicky obsahuje vzduch, konkrétně v dutinách středního ucha. Může u něj proto při expozici oxidu dusnému dojít k navýšení tlaku či objemu.<sup>[13]</sup> Nahromadění N<sub>2</sub>O ve středoušní dutině může pooperačně zhoršit sluch.<sup>[6]</sup> V případě poruchy průchodnosti Eustachovy trubice při otorhinolaryngologických operacích za použití anestezie s přítomností N<sub>2</sub>O dochází vlivem difuze ke zvýšení tlaku na bubínek s nepříhodným vlivem na úspěch tympanoplastik.<sup>[20]</sup>

#### **2.7.2.8 Kardiovaskulární poruchy**

Přesto, že oxid dusný působí mírně kardiodepresivním účinkem je tento efekt kompenzován vzrůstem vaskulární rezistence, čímž nedochází ke změnám krevního tlaku. Tento účinek je paradoxně benefitem zvláště pro pacienty s cerebrovaskulárními defekty.<sup>[19]</sup> Negativní reakce v oblasti kardiovaskulárního systému

jsou popisované obecně méně. Rajský plyn může teoreticky způsobit arytmie, kardiální selhání, systémovou hypotenzi či plicní hypertenzi.<sup>[13]</sup> Po inhalaci N<sub>2</sub>O dochází k mírnému zvýšení plicní vaskulární rezistence u běžných subjektů, přičemž více výrazná odezva nastává u pacientů s přetrvávající plicní hypertenzí. Proto by se mělo vyhnout použití N<sub>2</sub>O u pacientů s plicním edémem, plicní hypertenzí a zejména u těch s mitrální stenózou.<sup>[26]</sup>

### 2.7.2.9 Respirační, hrudní a mediastinální poruchy

Zejména kvůli fyzikálním a biofyzikálním charakteristikám, oxid dusný působí i na respirační systém a prostory, jenž ho obklopují. Po aplikaci může dojít k apnoei, pneumomediastinu, podkožnímu emfyzému či stavu s projevy podobnými reverzní bronchitidě. Jak již bylo v předešlých kapitolách zmíněno, tak na krátkou dobu může dojít při eliminaci N<sub>2</sub>O směrem přes plíce k difuzní hypoxii.<sup>[13]</sup> Dochází totiž ke snížení parciálního tlaku kyslíku v alveolech, a proto po takovémto překotném vylučování oxidu dusného je vhodné po skončení zákroku pacienta oxygenovat čistým kyslíkem.<sup>[19, 20]</sup> Riziko, které prakticky díky znalosti oxidu dusného v dnešní době nehrozí, ale v historii bylo často pro používání N<sub>2</sub>O určující, je nebezpečí asfyxie. Právě z tohoto důvodu nesmí být oxid dusný inhalován ve 100% koncentraci. Většinou se též nepoužívají koncentrace vyšší než 80 %. Pravidlem pro správné používání oxidu dusného je nutnost jeho podávání ve směsi s kyslíkem, kterého musí být minimálně 21 % jako ve vzduchu či lépe kolem 30 %.<sup>[13]</sup>

### 2.7.2.10 Technické nežádoucí účinky

Zajímavou skutečností je, že oxid dusný je schopen difundovat do těsnící manžety tracheální rourky.<sup>[3]</sup> Důvodem je, že těsnící manžeta endotracheální rourky či tracheostomické kanyly je naplněna vzduchem. Oxid dusný je difuzí schopen objem těsnící manžety navýšit dvakrát až třikrát, čímž rapidně stoupne tlak v manžetě. Tudíž hrozí trauma trachey ve formě ischemizace sliznice či hernizace manžety, kterému však lze zabránit nafouknutím manžety oxidem dusným.<sup>[4, 20]</sup>

## 2.8 Indikace oxidu dusného

Obecné terapeutické indikace se dají shrnout do dvou oblastí. První a více důležitá pro tuto práci je oblast analgezie či lehké sedace, která je prováděna nejčastěji v premixu 50 % N<sub>2</sub>O a 50 % O<sub>2</sub>. Analgezie oxidem dusným je doporučována u pacientů vyžadující léčbu akutní bolesti či při operačních zákrocích. Ze škály



příkladů se dá vyzdvihnout traumatologická etiologie úrazů či popáleniny a ze zdravotnických inzultů pak stomatologické výkony, porody a chirurgické zákroky v otorhinolaryngologii (ORL). Věkový limit pro možné použití N<sub>2</sub>O u dětí je od 1 měsíce života. Druhou skupinou indikací je využití při anestezii. Zde se používá oxid dusný jako analgetická komponenta celkové anestezie, či jako nosný plyn. N<sub>2</sub>O doplňuje účinky potentnějších volatilních inhalačních anestetik, intravenózních anestetik (thiopental, propofol), opiátů a myorelaxancií. Absolutní nutností u takového použití rajského plynu je pak zachovat minimálně koncentraci 21 % kyslíku ve vdechované směsi.<sup>[13]</sup>

## 2.8.1 Ambulantní chirurgické výkony

Účinky oxidu dusného jsou velmi žádoucí při krátkých bolestivých zákrocích. Jde o neodkladné i plánované záležitosti. Za zmínku stojí například repozice ramene, lokte a dalších kloubů či zlomenin, bezprostřední ošetření ran a pohmožděnin. Spadají sem i výkony zahrnující transrektální biopsii prostaty, vynětí stehů, zavedení či odstranění hrudních drénů, transkutánní punkce portu, incize abscesu, lumbální punkce,<sup>[2]</sup> odstranění drátů a pinů, ošetření panaricia nebo molusek. Za příklad ambulantního používání oxidu dusného může sloužit Emergenci Ústřední vojenské nemocnice v Praze, kde za pomoci analgetického a sedativního efektu provádějí repozici Collesovy zlomeniny (77x v roce 2016) či repozici při zadní luxaci ramenního kloubu (27x v roce 2016). Dobrou odezvu na analgezii pomocí Entonoxu zaznamenali též při vertebrogenním syndromu. U pacientů, a zejména u žen, lze po aplikaci pozorovat zvednutí nálady až pocity štěstí.<sup>[1]</sup>

## 2.8.2 Použití oxidu dusného při porodu

Tišení bolesti rajským plynem u porodu je již dlouhou dobu známé a používané. První, kdo rodiče podal oxid dusný byl ruský gynekolog Stanisław Klikowicz v roce 1880 a to v koncentraci 80 % ku 20 % kyslíku. Podle něj rajský plyn negativně neovlivňuje matku ani plod.<sup>[1]</sup> Četněji je oxid dusný podáván při porodech od 60. let 20. století. Aktuálně je tento způsob ve Skandinávii, USA či Velké Británii velmi oblíbený a žádaný. Podává se zejména u klientek, jež si nepřejí k porodnímu tišení bolest epidurální analgezií. V Čechách je možnost této metody dostupná asi v 70 % porodnic, na Slovensku tento způsob nabízí asi 60 % porodnic. Přibližné procento spokojenosti samotných rodiček s touto možností je asi 70 %. Kolem 20 % klientek vidí účinek Entonoxu jako nedostačující. Velkým benefitem tohoto způsobu analgezie je možnost řízení inhalace samotnou rodičkou, což v ní evokuje pocit, že má kontrolu nad porodem a bolestí s ním spojenou. Jako stěžejní přínos se jeví rychlý nástup účinku rajského plynu. Ačkoliv oxid dusný bez větších potíží proniká placentou, tak nijak

nepůsobí na srdeční funkci plodu, prakticky nepodněcuje respirační depresi plodu či matky, též nemá vliv na skóre dle Apgarové.

Odpověď na otázku, v jaké fázi porodu je vhodné oxid dusný nasadit, není zcela jednoznačná, záleží totiž na klinické praxi a zkušenosti každého pracoviště a spokojenosti rodiček a personálu.<sup>[1, 2]</sup> Technicky se inhalace provádí maskou, přičemž se reguluje průtok podle potřeby. Vhodný je průtok přibližně 6 až 7 litrů za minutu. Je dobré vědět, že plnohodnotný efekt nastává asi 50 sekund po inhalaci, a tudíž je přínosné začít s inhalací asi 30 sekund před přicházející kontrakcí.<sup>[15]</sup> Aby bylo možné navodit maximální účinek není doporučeno podávat Entonox během začínajících kontrakcí či při šíří porodní branky do 3 cm. Rodičky nejčastěji oceňují pomoc rajského plynu v závěru první doby porodní (u prvorodiček s šíří porodní branky 6-7 cm, u vícerodiček s šíří porodní branky 5-6 cm). Při postupu doby porodní z první na druhou inhalaci oxidu dusného ukončíme. Důvodem je nedostatečná analgetická síla Entonoxu v druhé době porodní a tím i nutnost nasazení silnější analgetické techniky. Střídavé podávání Entonoxu během porodu trvá přibližně půl až třičtvrtě hodiny.

Samotná technika spočívá v tom, že rodička v přípravném intervalu začne inhalovat Entonox při příslušném rozšíření porodní branky vždy ve fázi mezi děložními kontrakcemi. Během tohoto časového úseku je možné snadně vyzorovat, zdali Entonox dostatečně účinkuje či naopak účinek nemá požadovanou sílu. Pokud je efekt nedostatečný je vhodné přejít na jiný způsob analgezie. Postup aplikace dále pokračuje fází, kdy rodička inhaluje výhradně při kontrakcích a je vedena personálem, tak aby vždy započala inhalaci na začátku nadcházející kontrakce. Během vystupňování kontrakce může klientka inhalaci zrychlit a prohloubit, naopak při opadávání kontrakce rodička zastavuje inhalaci. Některé porodnice využívají Entonox též pro zklidnění klientky před aplikací epidurální analgezie. V peripartální fázi lze oxid dusný uplatnit při epiziotomii (v kombinaci s regionálním anestetikem) a v postpartální době je možné N<sub>2</sub>O využít k při sešívání hráze, porodu placenty a revizi dělohy.

Díky omámení rodičky se významně inhibuje úzkost před porodem. Důvodem je změněné emoční vnímání bolesti vlivem rajského plynu. Neměla by být též opomíjena důležitá skutečnost, a to že spolu se sedativním a analgetickým účinkem se u rodiček podílí na účinku i důvěra klientky vázaná na porodníka či sestru jež oxid dusný podává.<sup>[1, 2]</sup> Objektivně na budoucí matku působí Entonox mimo tišení bolesti a sedace též euforizujícím a relaxačním efektem. Nutné je ovšem podotknout, že kvůli omezenému analgetickému účinku oxidu dusného tato metoda nemůže nahradit či vytlačit ostatní potentnější způsoby analgezie.<sup>[19]</sup>

Někteří autoři uvádějí možnou nepříjemnost ve formě útlumu novorozence (v rám 15-30 minut). Z toho důvodu se nedoporučuje inhalace oxidu dusného u porodů hypoxických plodů.<sup>[15]</sup> V oblasti porodů lze ještě oxid dusný uplatnit při urgentním císařském řezu. V tomto případě se podává v rámci celkové anestezie společně s volatilními anestetiky.<sup>[6]</sup>

## 2.8.3 Gynekologie

Aplikace oxidu dusného je příhodná pro malé gynekologické zákroky, jako například zavedení či vyjmutí antikoncepčního tělíška, hysteroskopie, rozšíření nepoddajného hymenu, biopsie děložního čípku či chemická ablace Bartholiniho žlázy.<sup>[2]</sup> Inhalace je též využitelná při ošetřeních na vulvě (kondylomata). U mladších dívek je možné před gynekologickým vyšetřením použít oxid dusný ke zklidnění.<sup>[1]</sup>

## 2.8.4 Stomatologie

Stomatologie je jedním z nejtradičnějších odvětví medicíny, kde se oxid dusný používá a kde se těší velké oblibě. V České republice ho používá přibližně 10 % stomatologických zařízení. Žádaný je zejména anxiolytický a omamný efekt, jenž je kombinován s analgetickým účinkem tlumícím bolest při aplikaci lokálního anestetika. Jak již bylo zmiňováno v oblasti porodů, tak je velmi důležitá důvěra pacienta v lékaře či podávajícího pracovníka. Zdravotník by měl aplikaci doprovázet uklidňující řečí. Rajský plyn umožňuje nastavit pacienta tak, aby byl přístupný sugesci. K nejvýznamnějšímu omamnému, analgetickému a euforizujícímu efektu dochází během několika minut při použití nádechového ventilu. V této chvíli je nejlepší injekčně podat lokální anestetikum. Po této fázi obvykle není nutné Entonox dále aplikovat, popřípadě je možná střídavá inhalace, při nepříjemných částech stomatologického zákroku.<sup>[1]</sup> Nedostatečný efekt Entonoxu při stomatologických výkonech byl pozorován u dětí zejména předškolního věku. V tom případě je příhodná kombinace N<sub>2</sub>O s benzodiazepinem (midazolam), podaným perorálně či rektálně.

Někteří zahraniční stomatologové pro sedaci dětí se zachovaným vědomím při ošetření používají směs 40 % oxidu dusného s 0,3 % sevofluranu. Některé země preferují při vynětí zubů u dětí indikovat celkovou anestezii. Studie však udávají, že v tomto případě sedace oxidem dusným může nahradit celkovou anestezii. Je však nutné brát v potaz fakt, že tato problematika je individuální, zejména pak u velmi malých dětí je sedace N<sub>2</sub>O nedostačující a celková anestezie je nutná.<sup>[2]</sup>

## 2.8.5 Urologie

V České republice je zhruba 15 % urologických pracovišť, která podávají Entonox. Nejčteněji je využívan při transrektální biopsii prostaty. Tento zákrok je značně bolestivý a u aplikace lokální anestezie, mimo bolestivosti a nepříjemnosti, hrozí nebezpečí následné erektní dysfunkce, či změně palpační prostatické konzistence, která může vést k indikování biopsie prostaty. Z těchto důvodů je při zákrocích tohoto typu Entonox pro analgezii velmi vhodnou variantou, právě kvůli bezpečné aplikaci. Rovněž se nabízí možnost inhalace Entonoxu při cystoskopii (u obou pohlaví) a při zavádění periferní močové cévky u mužů. Když se testoval efekt oxidu dusného vizuální škálou bolesti, tak u pacientů podstupujících tento výkon Entonox ztlumil bolest o 40 % v porovnání s kontrolní skupinou.<sup>[1]</sup>

Při studii u pacientů v dětském věku (mezi 11 měsíci až 17 lety – průměr 5,4 roku) v rámci, které bylo provedeno z diagnostických důvodů přes tisíc katetrizací močového měchýře, pacienti inhalovali 70 % směs oxidu dusného s kyslíkem. Po konci zákroku byl podán čistý kyslík po dobu 2-5 minut. Výkony trvaly zhruba 15 minut, přičemž saturace krve pacientů kyslíkem neklesla v žádném případě pod 92 %. Nežádoucí účinky v podobě nevolnosti, zvracení či pocení se projeví u 4 % vyšetřovaných. Jen v 1 % nedošlo k sedativnímu účinku a ve stejném procentu naopak došlo k přílišné sedaci.<sup>[2]</sup>

## 2.8.6 Gastroenterologie

Premix 50 % oxidu dusného a 50 % kyslíku je používán přibližně u 36 % gastroenterologických ambulančních v ČR. V případě gastroscopie jde zejména o uklidnění před výkonem. Prakticky to znamená, že pacient přibližně pět minut inhaluje, přičemž dochází k značnému psychickému zklidnění a též vlivem Entonoxu k částečnému ztlumení dávivého reflexu. Díky tomuto opatření je instalace sondy snesitelnější a snadnější. Co se týče kolonoskopie tak účinnost je okolo 50 %.<sup>[2]</sup> Při pouhém screeningovém vyšetření většinou zcela dostačuje analgezie a sedace samotným Entonoxem. Nedostatečný efekt N<sub>2</sub>O se jeví u takto vyšetřovaných pacientů, kteří jsou navíc postiženi zánětlivými chorobami střev (Crohnova nemoc, ulcerace tlustého střeva). V těchto případech je nutné účinek oxidu dusného doplnit intravenózními analgetiky.<sup>[1]</sup>

## 2.8.7 Pediatrie

Pediatričtí pacienti jsou velmi unikátní skupinou, co se aplikace oxidu dusného týče. U dětí je určení indikace pro použití oxidu dusného ve srovnání s jinými věkovými skupinami pravděpodobně nejtěžší. Konkrétně zejména u tří či čtyřletých dětí aplikace závisí na vůli ke spolupráci a kognitivních schopnostech dítěte. Dá se tedy říct, že schopnost inhalace je u dětí čistě individuální a mělo by to být při posuzování zohledněno. Pravidlem podmiňujícím dosažení dostatečného účinku je nutnost větší koncentrace inhalovaného  $N_2O$  s klesajícím věkem dítěte. Z tohoto důvodu se u tříletých a mladších dětských pacientů neindikuje směs 50 %  $N_2O$ / 50 %  $O_2$ .

Reakcí dítěte na strach je ploché dýchání a tím i snížení ventilačního objemu. Tento problém je zapotřebí řešit sugestivním působením. Curyšská dětská nemocnice uvádí tyto možné indikace: lumbální punkce, bolestivá injekce hluboko do tkání (svaly, klouby), místní anestezie v citlivých partiích (ploska nohy, vynětí cizích těles např. zarostlé náušnice, vynětí těles z dutiny nosní či měkkých tkání např. trn), léčba zhmožděnin a ran, odstranění nekrotické tkáně při popáleninách, gynekologické vaginální vyšetření, odstranění externích drátů, instalace ortopedických pomůcek, fixace fraktur, injekce botulotoxinu či fenolu. Žilní punkce u dlouhodobě nemocných dětí, se špatnými zkušenostmi či s opakovaně komplikovanou punkcí, lze docílit obnovením důvěry dítěte díky účinkům oxidu dusného, a navíc jedním z efektů je i punkci zlepšující venodilatace. U některých těžších zákroků je příhodné oxid dusný kombinovat s jinými farmaky či při jakýchkoli důvodech přejít na zcela jiný způsob analgezie či zvážít celkovou anestezii.<sup>[1]</sup>

## 2.8.8 Ošetřování dekubitálních vředů

V medicínské problematice geriatrických pacientů může být oxid dusný nápomocný zejména při ošetření dekubitů. Entonox je srovnatelný svým účinkem s morfinem nebo lze též tyto dvě látky kombinovat, avšak nebyl dokázán lepší výsledek než při použití samotného rajského plynu. Někteří autoři dokonce udávají lepší výsledky  $N_2O$  než morfinu.<sup>[2]</sup>

## 2.9 Kontraindikace oxidu dusného

Kontraindikace oxidu dusného je způsobena zejména kvůli jeho fyzikálním charakteristikám. Úskalí přináší právě jeho vlastnost difundovat do uzavřených, plynem naplněných prostorů a následná expanze. Důsledkem toho je zvýšení tlaku či roztažení dané dutiny.<sup>[2]</sup> Ačkoli je oxid dusný v porovnání s ostatními inha-lačními anestetiky v krvi nerozpustný, je třicet pětkrát více rozpustný v krvi než dusík. Tím pádem inklinuje k tomu, že proniká do dutin obsahujících vzduch.<sup>[3]</sup> Pro tento proces platí přímá úměra ve smyslu, že čím větší je alveolární koncentrace N<sub>2</sub>O tím rychleji proniká do uzavřených somatických prostor obsahujících plyn.<sup>[4]</sup> V těchto uzavřených tělních prostorech, může oxid dusný zvýšit objem, to znamená expanzi (např. pneumoto-rax) nebo může uvnitř narůst tlak (např. dutiny s pevným obalem). Podstatou tohoto procesu je náhrada dusíku ve vzdušných prostorech oxidem dusným rychleji než stačí dusík uniknout.<sup>[11]</sup> K tomuto se přidává sku-tečnost, že je absorbován krevním tokem rychleji než dusík.

Pro příklad, když pacient se 100 mililitrovým pneumotoraxem inhaluje 50% oxid dusný, tak plyn ve spojení s pneumotoraxem se má tendenci přiblížit ke krvi. Současně se oxid dusný se rozšíří do dutiny rychleji než vzduch (především dusík). Vzduch je dále vytlačován ven a pneumotorax expanduje, dokud zhruba neobsahuje 100 mililitrů vzduchu a 100 mililitrů oxidu dusného.<sup>[3]</sup> Vdechováním 75 % oxidu dusného pneumo-torax expanduje do dvojnásobné velikosti během 10 minut.<sup>[6]</sup> Studie pánu Egera a Saidmana ukázala expo-nenciální nárůst objemu plynové kapsy v závislosti na koncentraci použitého oxidu dusného. Padesát procent oxidu dusného způsobí 100 % nárůst, zatímco 70 % až 80 % koncentrace oxidu dusného má za následek 400 % nárůst objemu pneumotoraxu. Ukázala také, že při nepřetržitém dodávání 70 % oxidu dusného se střední objem po dvou hodinách zdvojnásobí, ale objem plic, např. z pneumotoraxu, zdvojnásobí se po 10 minu-tách.<sup>[24, 25]</sup> Pokud jsou okolní stěny obklopující dutinu pevné, stoupá tlak místo objemu.<sup>[3]</sup>

Z těchto důvodů jsou absolutními kontraindikacemi použití oxidu dusného: pneumotorax, pneumo-perikard, závažný plicní emfyzém, vzduchová embolie. Patří sem i stavy po kardiochirurgických zákrocích, u kterých byl využit mimotělní oběh, ale i po bypassu věnčitých tepen bez mimotělní náhrady funkce oběhu.<sup>[1]</sup> Kontraindikace též platí pro stavy po aplikaci nitrooční injekce plynu, a to z důvodu přítomnosti bubliny, která by mohla způsobit interakci s N<sub>2</sub>O slepotu.<sup>[13]</sup> Rizikové je též podání oxidu dusného při přítomnosti vzduchu v zažívacím traktu, zejména při ileu, z důvodu těžké dilatace.<sup>[1]</sup> Kontraindikace se též vztahuje na uvedené stavy: vzduchové plicní cysty,<sup>[3]</sup> bulózní emfyzém, kesonová nemoc nebo dekompresní choroba či volný plyn v dutině břišní.<sup>[13]</sup>

Dále mezi choroby zabraňující indikovanému podání patří kardiální dysfunkce, vysoký nitrolební tlak nebo intrakraniální hypertenze. Z dalších kontraindikačních důvodů je to velký nedostatek vitamínu B12 nebo kyseliny listové.<sup>[1]</sup> Z pooperačních stavů sem ještě patří předešlý výkon v uchu (tympanoplastika). Logické jsou

i kontraindikace vzniklé traumatem obličeje, jenž technicky znemožňují použití inhalačního ventilu, dále při perforujícím poranění oka či porušení hematoencefalické bariéry. Specifickou kontraindikací je i první trimestr těhotenství.<sup>[2]</sup> Důvodem je hrozba ovlivňování syntézy DNA.<sup>[15]</sup> Zjevná kontraindikace inhalace N<sub>2</sub>O platí u pacientů vyžadujících inspiraci vysoce koncentrovaného kyslíku.<sup>[3]</sup> Samozřejmě kontraindikujeme podání u pacientů s poruchou vědomí nebo u těch, jenž odmítají spolupráci.<sup>[13]</sup> Ačkoliv se v některých státech od využívání rajskeho plynu postupně upouští, recentní studie dokazují jeho bezpečnost či naopak v řadě případech i jeho benefitní vliv na snížení řady komplikací.<sup>[19]</sup>

## 2.9.1 Opatrné podávání oxidu dusného

V uvedených stavech není podávání oxidu dusného absolutně kontraindikováno. Jeho aplikace by však měla být zvážena, popřípadě by inhalace měla probíhat se zvýšenou opatrností. Při dekompenzaci kardiálního selhávání či u pacientů s hypovolemií vlivem šoku či hypotenzí v důsledku srdečního selhání. Dále lidé s deficitem vitamínu B12, Biermerovou či srpkovitou anémií, Crohnovou chorobou nebo vegetariáni. Zvýšená pozornost by měla být u nemocných léčených bleomycinem, kdy je během sedace současně podávána vyšší koncentrace kyslíku (zvýšené riziko plicní toxicity). Při porodu se nedoporučuje inhalovat N<sub>2</sub>O současně s intravenózně aplikovanými opiáty z důvodu možné ztráty vědomí. Podobné je to u pacientů léčených benzodiazepiny. Při kombinaci těchto dvou farmak může léčený ztratit vědomí.<sup>[13]</sup>

## 2.10 Dávkování oxidu dusného

Stejně jako jiná léčiva, tak i oxid dusný jako medicínální plyn může a má být dávkován. Rozdíl je pouze v tom, že v jeho případě záleží zejména na koncentraci (poměru ve směsi s kyslíkem) a v druhé řadě také na době expozice subjektu, popřípadě na průtoku plynu (pokud se ovšem nejedná o nádechový ventil). Z oblastí využití oxidu dusného tedy můžeme vytyčit hlavní dvě pole působnosti, která se liší v dávkování. Jednak to je použití v anestezii a na druhé straně v analgezii a sedaci. Opomenuto také nesmí být téma předávkování oxidem dusným.

## 2.10.1 Dávkování při anestezii

Oxid dusný k dosažení anestezie slouží jako základní anestetikum nebo nosný plyn. Samotná složka oxidu dusného v tomto případě nesmí přesáhnout 79% koncentraci. V běžné praxi se pohybuje používaná hodnota od 60 % do 70 %. V těchto koncentracích oxid dusný není kvůli jeho minimální alveolární koncentraci (104 %) schopen sám navodit dostatečný hypnotický účinek. Pro anestezii se tedy musí oxid dusný kombinovat s potentnějším volatilním anestetikem a samozřejmě s kyslíkem v minimální koncentraci 21 %. V takové kombinaci dochází k anestezii do dvou až pěti minut. Úvod do anestezie vyžaduje dosažení až maximální koncentrace (79 %)  $N_2O$  a při následném vedení anestezie postačuje hodnota 50 % -70 %. Pokud je  $N_2O$  podáván společně s nitrožilními anestetiky, vypočítává se a následně se aplikuje nižší dávka intravenózního anestetika. V potaz se bere zejména MAC rajského plynu.<sup>[13]</sup>

## 2.10.2 Dávkování při analgezií či sedaci

K dostatečné sedaci a analgezií plně postačuje 50 % koncentrace oxidu dusného. Vyšší koncentrace jsou provázeny zesílenými nežádoucími účinky, aniž by současně byl výrazně potencován kýžený efekt.<sup>[2]</sup> K inhalační analgezií a sedaci se tedy používá již mnohokrát zmiňovaný premix 50 % oxidu dusného spolu s 50 % kyslíkem s názvem Entonox či Livopan. Tato technika je prováděna ventilem či nosní maskou s průtokem 6 až 7 litrů za minutu.<sup>[3]</sup> Maximální doporučená nepřerušovaná doba inhalace je jedna hodina s tím, že by se neměla opakovat více jak 15 dní za sebou.<sup>[13]</sup>

## 2.10.3 Předávkování oxidem dusným

Předávkování se v případě oxidu dusného projevuje akutním nedostatkem kyslíku. Nejedná se tedy o účinky spojené s interakcí na receptorech či vlivem deaktivace vitamínu B12. Nedostatečný přísun kyslíku s ohledem na trvající dobu může zapříčinit hypoxii nebo cyanózu. Pokud k takovému stavu dojde je nutné zastavit přívod oxidu dusného a zahájit u pacienta ventilaci vzduchem či kyslíkem do té doby, než se vykompenzuje nedostatečná saturace hemoglobinu kyslíkem.<sup>[13]</sup>



## 2.11 Klinické zkušenosti a praktické použití N<sub>2</sub>O

Stejně důležitý jako pohled farmakologický je stěžejní i pohled z klinické perspektivy. Tato kapitola defacto cílí na praktické působení a využití oxidu dusného. První podkapitola popisuje, co pociťuje exponovaný subjekt. V závěsu následuje samotné praktické provedení inhalace rajskeho plynu.

### 2.11.1 Subjektivní působení oxidu dusného

Počátek účinků oxidu dusného exponovaná osoba na svém těle pocítí omámení a u některých lidí se může vyskytnout pocit točení hlavy. Současně jsou přítomné parestezie v rukou a nohou, popřípadě v ústech. Pacient v těle cítí pocit tepla, jenž má vlnovitý charakter. V tuto chvíli nastupuje analgetický efekt a euforie. Dochází k mírnému vzestupu krevního tlaku a srdečního pulsu, lehké zrychlení dechové frekvence a k periferní vazodilataci.<sup>[2]</sup> Vlivem roztažení cév může dojít k zčervenání ve faciální oblasti (flush). U některých osob může klesat svalové napětí, takže subjektivně jedinec cítí pocit lehkosti v nohách. Souběžně dochází k změně vnímání a u někoho k citlivějšímu a intenzivnějšímu sluchovému vnímání (hyperakuzie). To je vyvoláno nárůstem tlaku ve středním uchu a tím změnou napětí bubínku. Při aplikaci může být přítomna psychická symptomatika.

Pokud má exponovaná osoba otevřené oči, vizuální pocity mohou mít formu zrnitého obrazu, pocitu hledění přes závoj či se věci a lidé jeví jako obtažené barevným lemem. Při zavření víček jsou osoby a věci barevné a pozvolna se ztrácejí, současně může mít pacient pocit, že se osoby před jeho zraky pohybují. Sensorické představy jsou též ovlivněny zvukovým okolím. Pokud osoba vystavená účinkům rajskeho plynu leží na zádech a hledí do stropu, tak se může jevit jakoby, se strop přibližoval nebo pohyboval. Tyto vjemy jsou často provázeny smíchem či pláčem, přičemž konkrétně u žen se často objevují erotické sny spojené až s přítomností sexuálních voluptózních pocitů a orgasmem. Kvůli tomu je také rajskeho plyn rekreačně zneužíván.<sup>[1]</sup>

### 2.11.2 Praktické provedení inhalace oxidu dusného

Podobně jako u textu pojednávajícím o dávkování je i u praktického provedení inhalace nutné rozlišovat nastavení pro analgezi a sedaci s tím pro anestezii. Obě dvě použití totiž skýtají mnohdy rozdílné koncentrace, sledují odlišné cíle a z toho plyne i lišící se praktické provedení. Pro celistvost jsou v následujícím textu popsány provedení u obou možností.

### 2.11.2.1 Postup při analgezií a sedaci

Obvyklý a nejjednodušší způsob podání rajskeho plynu je pouziti registrovanou premixu 50 % N<sub>2</sub>O / 50 % O<sub>2</sub> prodavané po názvem Entonox. Zpravidla je smés uchována odlehčených hliníkových láhvích o kapacitě pět či deset litrů. Samotná láhev je opatřena zabudovaným redukčním ventilem pro jednoduchá spojení s ventilem nádechovým či s nosní maskou. Proto odpadá nutnost doplnění okruhu redukčním ventilem a tím i nebezpečí práce s vysokým tlakem. Integrovaný ventil je opatřen uzávěrem a manometrem, jenž měří hladinu náplně lahve plynem. Též je přítomný ovladač průtoku, který dokáže nastavit kontinuální proudění plynu až na 15 litrů za minutu. Součástí setu je i madlo na přenos, hák na zavěšení a rychlospojka k připojení inspiračního ventilu. Pro inhalační podání je nejlepší použít nádechový ventil. Jeho použití zmenšuje spotřebu plynu kvůli tomu, že se otevírá pouze při nádechu. Je možné použít náustek, klasickou masku či pouze nosní masku, jenž je vhodná pro kontinuální podávání. Díky jednoduchosti systému je manipulace s lahví, připojení inspiračního ventilu a masky, kontrola funkčnosti a samotná aplikace velmi snadná a zvládne ji i proškolený nelékařský zdravotnický personál.

Při samotném průběhu pacient drží ventil opatřený filtrem společně s náustkem v ruce a vdechuje ústy. Správně by měly být hluboké nádechy prováděny pouze ústy a výdechy pak nosem i ústy. Dojde-li k situaci, že pacient nedokáže ventilovat pouze ústy, tak se přechází na použití masky, kdy pacient může vdechnout a vydechnout nosem i ústy. Díky ventilu proudí oxid dusný pouze při nádechu. Zahájení výkonu by mělo předcházet minimálně jednodominutové inhalování oxidu dusného. Vrcholový účinek přichází asi po 2 až 3 minutách, přičemž stačí čtyři až pět hlubokých nádechů, aby se začal demonstrovat efekt aplikovaného N<sub>2</sub>O. Pokud je smés podávána kontinuálně, tak průtok se reguluje ovladačem průtoku jako u běžných kyslíkových lahví. Součástí celkového přístupu k pacientovi by nikdy neměla chybět fáze kontroly a ujištění zdravotníka o odeznění účinků po skončení inhalace (závratě, ospalost). Výhodou je, že běžně pacient může odcházet po několika minutách a řídit auto může už za pouhých 30 minut.

Co se týče samotného mezilidského přístupu zdravotníka k pacientovi platí pravidlo, že k navození kýženého účinku je správný kontakt velmi důležitý. Ve fázi nastupujícího účinku zdravotník mluví uklidňujícím až hypnotizujícím tónem hlasu s kladným obsahem. Pracovník by měl posuzovat účinek rajskeho plynu otázkami typu „Jak se cítíte?“ či „Jak byste popsal své pocity a náladu?“. Typ způsobu řeči zdravotníka je nezanebatelně důležitý a určuje celkovou atmosféru při zákroku. Důvodem je fakt, že pacient je v tomto stavu velmi přístupný verbální sugesci. Naopak negativní počitky, hlasitá řeč nebo neohleduplná manipulace či hluk způsobený nástroji z důvodu hyperakuzie způsobují u pacienta negativní pocity a následný nepříjemný zážitek.

Během samotného zákroku se nesmí projevovat netrpělivost či spěch zdravotníka. Pacient je totiž vlivem účinků ve vulnerabilním rozpoložení a díky tomu vnímá citlivěji přítomný shon či tendence k nezájmu ze strany zdravotnického personálu a na to následně reaguje neklidem či strachem.<sup>[2]</sup> Naopak důvěrný a těsný

kontakt se zdravotníky v pacientovy vzbuzuje pocit bezpečí. V tomto ohledu je vhodné podpořit pozitivní atmosféru během zákroku přizpůsobením řeči těla a přidat případný decentní kontakt ve formě ruky na rameni či v lopatkové oblasti. Výsledkem toho by měl být pacient během výkonu psychicky relaxovaný, klidný, oslovitelný a schopný vyhovět výzvě zdravotníka.<sup>[1]</sup>

### 2.11.2.2 Postup při anestezii

Jak už bylo výše zdůrazňováno, tak oxid dusný při použití v celkové anestezii nesmí přesáhnout 79% koncentraci. Takto vysoká koncentrace se používá především při úvodu do celkové anestezie. Jinými slovy frakce kyslíku, který je společně s ním podávána nesmí klesnout pod 21 %, ale v praxi se udržuje koncentrace kyslíku ve vdechované směsi na 30 %. Z pomůcek nesmí chybět správně padnoucí obličejová maska. Samotné podávání mají kompetenci provádět pouze řádně vyškolení pracovníci. Podmínkou pro bezpečnost v prostoru sloužícím k uplatňování této techniky je dostatečně větraná místnost či nutnost použití anesteziologického přístroje s funkcí zpětného vdechování a dvojitě masky nebo odsávacího systému. Kvůli vyšším hladinám N<sub>2</sub>O užívaným zejména při úvodu (79 % N<sub>2</sub>O / 21 % O<sub>2</sub>) do celkové anestezie musí být před aplikací vypuzen dusík ze zaváděcího systému. Úvodu by též měla předcházet fáze preoxygenace (prodýchání kyslíkem). Pokud by bylo kdykoli během celkové anestezie zapotřebí, může se frakce kyslíku změnit až na 1,0.

Hodnotu tlaku kyslíku je nutno držet na 8,0 kilopascalu (kPa) neboli 60 torru (mmHg) společně se saturací hemoglobinu, jenž by neměla klesnout pod 90 %. Součástí celého procesu je i řádná a pravidelná kontrola arteriálního parciálního tlaku kyslíku (PaO<sub>2</sub>) či pulsní oxymetrie znázorňující saturaci krve kyslíkem (SpO<sub>2</sub>). I přes množství používané techniky při celkové anestezii nesmí být opomíjen klinický posudek přítomného lékaře. Cílem těchto měření je zjištění a následné dosažení hodnoty koncentrace kyslíku, která by byla současně nejnižší a též efektivní ve smyslu dostatečné oxygenace. Pokud nepředvídatelně během anestezie dojde k cyanóze je prvním krokem zastavení aplikace oxidu dusného. V případě, že cyanotický stav pacienta přetrvává je nutné zahájit mechanickou ventilaci za použití ručního dýchacího vaku obsahujícího vzduch. Pokud dochází k opakovaným výskytům cyanózy je třeba anestezii v místě léčby ukončit, přičemž se musí zkontrolovat medicínální plyny dodávanými rozvodnými ventily.

Kvůli možné hypoxii objevující se po skončení aplikace oxidu dusného způsobené odchodem N<sub>2</sub>O z tkání a krve do plic se doporučuje následně krátkodobě ventilovat plíce 100 % kyslíkem. Kontrolní monitorace saturace hemoglobinu kyslíkem a parciálního tlaku kyslíku v krvi by měla být prováděna zhruba po dobu čtvrt hodiny po ukončení inhalace rajskeho plynu.<sup>[13]</sup>

### 2.11.3 Výhody použití oxidu dusného

K zásadním výhodám rajskeho plynu patří zejména dobrý analgetický účinek ve spojení s vysokou bezpečností.<sup>[19]</sup> Podle některých autorů je oxid dusný v oblasti analgezie a sedace cenově srovnatelnou metodou s ostatními analgetiky či sedativy. Premix oxidu dusného 1/1 s kyslíkem pod názvem Entonox je relativně dobře dostupný a jeho efekt nastupuje poměrně rychle. Nespornou výhodou je i rychlé odeznění účinku oproti tradičním analgosedáčním postupům. Jak již bylo v práci zmiňováno, tak oxid dusný neovlivňuje polykací reflex, díky čemuž se pacient může hned po ukončení aplikace napít, popřípadě najíst. Velmi pozitivním přínosem pro klienty může být i fakt, že díky krátkému času pro psychomotorické zotavení lze již třicet minut po inhalaci řídit automobil. Oxid dusný jako farmakum nepřináší žádné závažné nežádoucí účinky, přičemž ty mírné jsou poměrně v krátkém čase reverzibilní.<sup>[1]</sup>

### 2.11.4 Vznik tolerance na oxid dusný

Při experimentech na zvířatech či pokusných klinických studiích na dobrovolnících byl vypořádán u zkoumaných organismů rozvoj tolerance. Tato tolerance se týkala jednotlivých účinků rajskeho plynu. Přibližná doba pro rozvoj tolerance na různé účinky N<sub>2</sub>O se demonstruje mezi deseti minutami až dvěma hodinami. Konkrétně vývoj tolerance na bolest tišící účinek vzniká v rámci jedné hodiny, přičemž tolerance k psychickým účinkům nastává v řádu hodin až dní.

Studie (Ruprecht a kol.) testovala právě vznik tolerance na vzorku osmi dobrovolníků v oblasti antinociceptivního a anestetického účinku rajskeho plynu. Výzkumníci nejprve určili nejnižší koncentraci (60 % - 80 %), při které dochází ke ztrátě vědomí během deseti minut. Efekt ztráty vědomí byl nečastější při podání 70 % N<sub>2</sub>O. Testovaní lidé poté inhalovali individuálně zjištěnou výši koncentrace oxidu dusného zajišťující ztrátu vědomí po tři hodiny. Po bezmála dvaceti minutách až půl hodině se demonstroval vývin tolerance na analgetický účinek a k celkové toleranci antinociceptivního efektu došlo v rámci dvou a půl hodiny. Bolestivý inzult byl prováděn ponořením končetiny (ruky) do studené vody (0 °C). Během inhalace došlo u dvou z osmi zkoumaných osob v 77 a 91 minutě k navrácení vědomí, což svědčí o vzniku tolerance k hypnotickému efektu rajskeho plynu. Bylo též potvrzeno, že během celého pokusu byly zachovány veškeré kašlací a polykací reflexy. Pro doplnění celkových klinických projevů tohoto pokusu je ještě nutné dodat, že se místy objevilo zvýšené pocení a po třech hodinách aplikace N<sub>2</sub>O byla pozorována u šesti exponovaných nauzea, všichni cítili chlad, přičemž jejich teplota v rektu se nezměnila. Při ukončení experimentu pociťovali dvě osoby euforii a další dvě prožívali po tři dny objevující se zážitky dejavu, zejména při únavě.<sup>[2, 16, 17]</sup>

Jiná studie (Zacny a kol.) zkoumala nástup akutní tolerance u jednotlivých komponent účinku rajského plynu. Jako vzorek posloužilo deset dobrovolných respondentů. Ti inhalovali rajský plyn ve směsi s kyslíkem v narůstajících koncentracích (10 %, 20 %, 30 % a 40 %), přičemž v průběhu pokusu byl posuzován vliv oxidu dusného na jejich psychomotorické funkce a též jeho antinociceptivní efekt. Během dvouhodinové expozice oxidu dusnému byla vyzorována akutní tolerance k analgetickému efektu. U dalších subjektivních účinků jako například euforie či povznesené nálady docházelo též k vývoji tolerance. Na druhé straně účinky na psychomotorické funkce nebyly během aplikace prakticky ovlivněny. Tyto výsledky svědčí o tom, že jednotlivé účinky rajského plynu jsou obstarávány rozdílnými neurotransmitery.<sup>[2, 18]</sup>

## 2.11.5 Bezpečnost při používání oxidu dusného

Největším rizikem při podávání N<sub>2</sub>O je nebezpečí, že bude dodána hypoxická směs. Zatímco dodávka Entonoxu má zabudovaný bezpečnostní mechanismus a systém zajišťující, že k anestetickému zařízení lze připojit pouze správnou láhev, existuje teoretické riziko, že pokud teplota láhve Entonoxu klesne pod určitou hodnotu (dále jen „pseudokritická teplota“) N<sub>2</sub>O se oddělí jako kapalina. To způsobí, že plyn dodávaný z takové láhve bude zpočátku velmi bohatý na kyslík a poté klesne na hypoxickou úroveň, jakmile se láhev vyprázdí. Protože je však „pseudokritická teplota“ -5,5 °C, jedná se o zřídka hrozící riziko v praxi. Na druhou stranu, když je N<sub>2</sub>O dodáván jinými cestami, je riziko hypoxie velmi reálné. Tento fakt byl ostře zdůrazněn tragickou smrtí tříleté dívky, které byl neúmyslně podán N<sub>2</sub>O místo kyslíku v emergency room urgentního příjmu Newham General Hospital ve východním Londýně v roce 2001. Proto stroje používané k dodávání N<sub>2</sub>O musí být řádně zkontrolovány, musí zahrnovat antihypoxickou kontrolu a také musí mít funkční přívod kyslíku s analyzátozem a s alarmem koncentrace ve společném vývodu plynů či v jiné části systému.<sup>[26, 27]</sup>

Dále musí být řádně označené zdroje plynů kvůli prevenci nezáměnnosti (nejen oxid dusný, kyslík a vzduch, ale také oxid uhličitý, dusík apod.). Tuto zjevnou odlišnost plynů mají za úkol zajistit opatření spočívající v různobarevném označení lahví, řádným popisem a též odlišnými průměry a různým uspořádáním ventilů. Barevné rozlišovací znaky jsou podřízeny národním i mezinárodním normám. Barva se nalézá pouze na horním oblém místě tlakové láhve, přičemž dolní válcovitá část je zpravidla bílá. Kvůli možnosti poškození či odstranění barevného označení je na hrdle láhve navíc vyražen název obsahujícího plynu společně s jeho chemickou zkratkou. Zaoblená oblast láhve je mimo barevného označení též označena písmenem N, což deklaruje, že označení láhve je dle nové normy.

Díky různým průměrům odběrových ventilů a odlišným závitům by mělo být zabráněno záměně oxidu dusného s kyslíkem, který má větší průměr a jiný závit. Aktuální barevné označení oxidu dusného je modré, přičemž kyslíku je bílé, oxidu uhličitého šedé, helia hnědé a vzduchu černobílé. Co se týče nemocničních

zdravotnických zařízení, tak v současné době ve většině případů platí, že oxid dusný je distribuován pomocí centrálního rozvodu medicínálních plynů. V tomto rozvodu by plyny k odběrovým místům měly putovat již tlakově redukované. Mimo lahví by tak mělo i vyústění plynů v odběrových místech ve formě rychlospojek být opatřeno odlišnými prvky proti záměně. Odběrová místa jsou proto u různých plynů odlišně barevně označená či závitově a velikostně odlišená.<sup>[19]</sup> Bylo prokázáno, že N<sub>2</sub>O se hromadí v nedostatečně větraných operačních sálech a po několika minutách používání Entonoxu se může na urgentním příjmu objevit úroveň vyšší než doporučená. Kdykoli je to možné, měl by být oxid dusný používán ve velkém, dobře větraném prostoru po tak krátkou dobu, jak je to nutné. Při použití N<sub>2</sub>O potrubním centrálním rozvodem by měl být používán účinný větrací systém a veškeré zařízení musí být pravidelně kontrolováno na těsnost.<sup>[26]</sup>

# 3 POUŽITÍ OXIDU DUSNÉHO V NEODKLADNÉ PÉČI

Využitelnost oxidu dusného v oblasti přednemocniční a nemocniční neodkladné péče se přímo nabízí z řady důvodů. Těmi důvody jsou zejména rychlý nástup kýženého efektu a minimální vliv na vědomí. Vedlejší a nežádoucí účinky se dají považovat za zanedbatelné či mírné. Nespornou výhodou je též rychlé zotavení ze stavu způsobeným oxidem dusným. Díky tomu, že po skončení inhalace přichází návrat do stavu předcházejícímu aplikaci v rámci několika málo minut, oxid dusný nezakrývá akutní problém a umožňuje tak správnou diagnostiku v nemocnici.<sup>[1]</sup> Oxid dusný má neinvazivní mechanismus podávání, jednoduše se používá, čímž se přibližuje ideálnímu analgetiku pro použití v urgentní medicíně. „Entonox“ je ve světě považován za bezpečný a účinný přípravek v oblasti přednemocniční a nemocniční neodkladné péče. Celkově má N<sub>2</sub>O ucelený rekord zahrnující mnoho desetiletí používání a milióny pacientů. Jeho univerzálnost a klinická efektivita je spojena s analgetickým účinkem, který je užitečný v 21. století, stejně jako tomu bylo v 19. století.<sup>[26]</sup>

Jako u všech analgetik, i u N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub> nepochybně působí nějaký placebo efekt. Nicméně je nepravděpodobné, že jakékoli placebo by samo o sobě mohlo poskytnout užitečnou analgezi v tak vysokých procentech jako uvádí řada studií. Několik studií, včetně dvojité slepých studií, potvrdily užitečnost N<sub>2</sub>O v boji proti bolesti ve srovnání s placebem a morfinem. Lékaři urgentních příjmů potvrzují, že příznaky nebyly maskovány použitím N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub> záchrannou službou. Po zastavení podávání plynu po příjezdu na urgentní příjem se klinický stav pacienta vrátil do stavu preanalgie během 2 až 3 minut.<sup>[23]</sup>

## 3.1 Použití N<sub>2</sub>O v přednemocniční neodkladné péči

Kvůli nedostatku zdrojů pojednávající celistvě o problematice použití oxidu dusného v přednemocničním neodkladném prostředí je zde uvedeno několik studií, na jejichž základě bude ilustrováno použití v tomto odvětví medicíny.

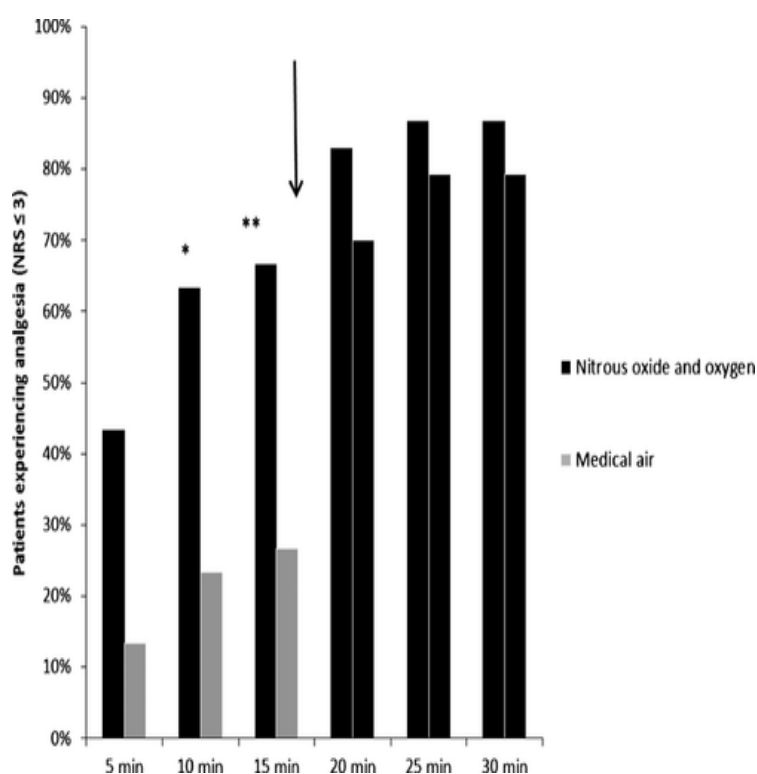
První ze studií byla v oblasti přednemocniční neodkladné péče provedena ve Francii (Ducass a kol.) a zabývala se prokázáním účinnosti oxidu dusného ve směsi s kyslíkem 50:50 ve srovnání s medicínálním vzduchem u dospělých pacientů se střední traumatickou akutní bolestí. Primární zkoumanou kvalitou bylo procentuální shrnutí všech pacientů při jejich hodnocení bolesti na škále od nuly po deset každých pět minut během 15 minut. Přičemž 0 je bez bolesti a 10 je nesnesitelná bolest. Po patnáctiminutové době výzkumu, kdy byl naslepo podáván neoznačený plyn byl všem pacientům bez rozdílu podán Entonox, jenž inhalovali po zbytek cesty. Studie byla prováděna od 2. února 2010 do 23. března 2011 a bylo do ní zařazeno 648 pacientů, přičemž 60 pacientů bylo náhodně vylosováno k výzkumu, tzn. 2 skupiny po 30 (30 inhalující N<sub>2</sub>O a 30

inhalující medicínální vzduch). Mezi skupinami nebyly statisticky významné rozdíly, pokud jde o věk, tak medián činil 34 let s tím, že pohlaví bylo zastoupeno 37 mužů a 23 žen.

Výsledky studie říkají, že po patnácti minutách inhalace N<sub>2</sub>O mělo 67 % pacientů v této skupině skóre bolesti 3 či nižší. Oproti tomu ve skupině medicínálního vzduchu takový účinek pocítilo 27 % pacientů. Střední skóre bolesti bylo významně nižší ve skupině N<sub>2</sub>O, konkrétně činilo 2, oproti tomu u skupiny medicínálního vzduchu dosahovalo 5. Tyto rozdíly byly patrné již po 5 minutách od podání. Při léčbě mírné traumatické akutní bolesti v přednemocniční péči se ukázalo, že inhalace Entonoxu je klinicky lepší než placebo.

Kromě toho byl zjištěn výskyt nežádoucích účinků bez závažných komplikací. Pacienti i pečovatelé byli spokojeni s výsledky analgetického ošetření v obou skupinách, pravděpodobně kvůli skutečnosti, že všichni

pacienti obdrželi Entonox po počátečních zkoumaných 15 minutách. Nežádoucí účinky byly vzácné a mírné a nemohly být definitivně přičítány N<sub>2</sub>O. V studii měli čtyři pacienti (7 %) nevolnost a všechny nežádoucí účinky byly reverzibilní bez dalších komplikací 5 minut po ukončení inhalace. Závěr této studie je, že časná analgezie v přednemocničním prostředí může být prováděna s použitím 50 % oxidu dusného a 50 % kyslíku. Pro názornost je míra analgezie oxidem dusným vs. medicínálním vzduchem v pětiminutových intervalech graficky znázorněna na přiloženém obrázku (viz. Obrázek 1).<sup>[22]</sup>



Obrázek 1, Zdroj: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/acem.12072>

Druhá uvedená studie (Mckinnon) byla provedena v oblasti přednemocniční neodkladné péče za použití směsi 50 % oxidu dusného a 50 % kyslíku jako analgetika v pilotní studii ve vozidlech regionální zdravotnické záchranné služby Kitchener-Waterloo (oblast spojených měst Kitchener a Waterloo v provincii Ontario v Kanadě) v roce 1981. Této studii předcházela studie (1980) na dvou urgentních příjmech ve stejné oblasti prováděná stejným autorem a zabývající se stejnou metodou viz následující podkapitola. Zkoumaní byli pacienti se silnou bolestí různého původu. Byly hodnoceny dva typy jednotek, jednak Entonox (s předem smíšenými N<sub>2</sub>O a O<sub>2</sub>, 1:1) a následně také Nitronox (samostatné lahve pro N<sub>2</sub>O a O<sub>2</sub>). Ze 72 zkoumaných pacientů (41 mužů a 31 žen ve věku 11 až 82 let) 69 získalo hodnotnou analgezi, což znamená značnou nebo částečnou úlevu od bolesti. Neobjevovaly se žádné vážné vedlejší účinky a pokud se projevíly odpovídaly očekávanému



účinku N<sub>2</sub>O (např. závratě). Závěr této studie tedy říká, že N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub> je považován za bezpečné a účinné analgetikum, vhodné pro použití personálem záchranných služeb.

Úlevu od bolesti posuzovali zdravotníci i pacienti, přičemž ji považovali za hodnotnou (významnou nebo částečnou) v 96 % a 93 % případů, přičemž významná analgezie byla zaznamenána u 50 % a 45 %. U 67 pacientů, byl prokázán jasný důkaz významné shody mezi obsluhou a pacientem v náhledu na úlevu od bolesti. Z pacientů, kteří odpověděli na dotazník 98 % (65 ze 66) uvedlo, že zařízení bylo snadné k použití a 91 % (59 ze 65) uvedlo, že by jej znovu použili i při silné bolesti. Analgezie N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub> se jevila nejvhodnější u pacientů se zlomeninami, u ošetřování traumatických zranění nejrůznějších druhů, dále také u popálenin a případů bolestivého vyprošťování. Léčba bolestí břicha (renální a biliární kolika a bolest způsobená pankreatitidou, divertikulitidou a pyelonefritidou) se rovněž ukázala být efektivní. I u pacientů s atraumatickými muskuloskeletálními potížemi (hlavně bederní bolest) se zdálo, že analgezie zabírá více než dobře. Ze čtyř pacientů s bolestí na hrudi měli tři ischemickou srdeční bolest a dva ze tří zaznamenaných zažili výraznou úlevu od bolesti, jeden však nepocítil žádnou změnu.<sup>[23]</sup>

Třetí studie (Donen a kol.) hodnotí účinek Entonoxu u 240 pacientů v přednemocniční neodkladné péči. Ze zkoumané skupiny pacientů 93,4 % zažilo úplnou nebo částečnou úlevu od traumatické bolesti, bolesti na hrudi, bolesti břicha nebo zad. Výsledky založené na odpovědích pacientů naznačují, že 105 osob (44 %) pocítilo úplnou nebo výraznou úlevu od bolesti při podání směsi oxidu dusného a kyslíku. Dalších 119 pacientů (50 %) cítilo částečné zmírnění bolesti. Pouze 7 ze 43 lidí mající bolesti břicha zažilo předpokládanou úlevu od bolesti, přesto většina popsala částečnou úlevu. Žádnou úlevu od bolesti nepocítilo 16 osob (6,6 %). Interpretace úlevy od bolesti záchranářů byla podobná, pro výraznou, částečnou nebo žádnou úlevu od bolesti bylo uvedeno 56 %, 40 % a 5 %. Co se týče zkoumaného vzorku lidí, tak jedna třetina pacientů byla mladší třiceti let, jinak se věkové rozmezí pohybovalo mezi pěti až devadesáti osmi lety. Trauma představovalo 38 % případů, zatímco bolest na hrudi, bolesti břicha a zad, dalších 46 %. Smíšená indikace k použití zahrnovala porodní bolesti, popáleniny, bolesti hlavy, střelné rány a bolesti nohou. Doba užívání Entonoxu se pohybovala mezi 5 a 10 minutami u 60 % pacientů a 98 % pacientů přestalo Entonox inhalovat do 15 minut.

Vedlejší účinky během užívání Entonoxu zaznamenalo 164 osob (68 %). Nejčastěji zaznamenaný vedlejší účinek byla ospalost a vyskytla se u 40 % ze všech osob, 45 (18,7 %) si stěžovalo na motání hlavy nebo na závratě. Nevolnost se vyskytla u 12 pacientů (5 %) a dalších 10 jich uvedlo jiné vedlejší účinky jako necitlivost, bolest hlavy nebo amnézie. Pouze devět osob považovalo techniku aplikace samotným pacientem za obtížnou. Osm jednotlivců uvedlo, že Entonox znovu nepoužijí. Sedm z těchto osmi nepocítilo žádnou úlevu po Entonoxu nebo si stěžovali na nevolnost. Souhrnem 96,5 % respondentů označilo techniku se snadno použitelnou a 96,8 % pacientů uvedlo, že by oxid dusný využili znovu.<sup>[24]</sup>

## 3.2 Použití N<sub>2</sub>O v nemocniční neodkladné péči

Na urgentním příjmu je N<sub>2</sub>O obvykle dodáván jedním ze dvou různých systémů: „Entonox“ je předem připravená směs N<sub>2</sub>O a kyslíku 50:50. Láhev se směsí plynů je natlakovaná na přibližně 13 700 kPa. Láhve Entonoxu jsou připojeny k systému pro aplikaci pacientům, který zahrnuje dvoustupňový ventil. První stupeň působí jako redukční ventil, zatímco druhý je „odběrový ventil“, který umožňuje plynulé proudění plynu pouze tehdy, když je tlak pod atmosférickým tlakem (tj. Pacient vytváří podtlak nadechováním). Pacient buď drží pevnou masku na obličeji nebo si aplikuje potřebné množství nádechy přes náustek. Tento systém inhalace znemožňuje předávkování, protože jakmile pacientova úroveň vědomí klesne, maska nebo náustek již nebudou udržovány v poloze, což způsobí vdechování vzduchu v místnosti. Druhým způsobem podání N<sub>2</sub>O je dávka centrálním rozvodem medicínálních plynů (potrubím) nebo přímo z válců oxidu dusného, které jsou naplněny na tlak 4400 kPa. V tomto případě je N<sub>2</sub>O smícháván s kyslíkem pomocí speciálního zařízení určeného pro tento účel (například anestetický „Boyleův“ stroj nebo systém Ohmeda „Quanti fl ex“). To umožňuje vysoké průtoky plynů a širokou škálu koncentrací N<sub>2</sub>O, ale současně hrozí riziko neúmyslného dodání směsi způsobující hypoxii. Proto pokud se takové systémy používají, musí být zavedena zvláštní bezpečnostní opatření.<sup>[26]</sup>

Většina zkušeností s používáním oxidu dusného na urgentním příjmu pochází od použití v pediatrii a aplikace dospělým nebyla studována v takových detailech. V australské studii (Payne a kol.) bylo 85 pacientům náhodně podána buď samotná lokální infiltrační anestezie, lokální anestezie s kyslíkem nebo lokální anestezie s oxidem dusným pro drenáž abscesu. Výsledky studie tvrdí, že oxid dusný nepředstavuje žádnou výhodu ve snížení bolesti nebo anxiety.<sup>[28, 29]</sup>

Dvě limitované studie měly prozkoumat použití oxidu dusného na redukci bolesti při dislokaci v ramenním kloubu. Iniciální malá studie (Uglow) zjistila, že oxid dusný zajistil srovnatelnou analgezii jako intravenózní sedace, nicméně ve zkoumané skupině, u níž byl podán oxid dusný byla též 20 % míra selhání této metody, přičemž muselo být přistoupeno k doplňující intravenózní sedaci.<sup>[28, 30]</sup> Druhá malá studie (Gleeson a kol.) srovnávala účinek oxidu dusného s lidokainem podávaným intra-artikulárně u 31 pacientů. Výsledky této studie říkají, že oxid dusný byl více efektivní v redukci skóre bolesti než lidokain nitrokloubně.<sup>[28, 31]</sup> Přesto větší randomizovaná studie (Kariman a kol.) srovnávající fentanyl s 50 % N<sub>2</sub>O neukázala žádný rozdíl mezi těmito metodami v analgetické účinnosti pro úlevu od bolesti při izolované zlomenině dlouhých kostí nebo dislokace velkého kloubu.<sup>[28, 32]</sup> Jiná malá prospektivní, randomizovaná, dvakrát slepá studie (Triner a kol.) o 22 pacientech srovnávala efektivitu úlevy od bolesti 50 % N<sub>2</sub>O ve srovnání se 100 % kyslíkem při migréně na urgentním příjmu. U těch, kteří obdrželi oxid dusný, došlo k významnému snížení skóre bolesti ihned po léčbě, nicméně u 60 % pacientů před propuštěním vyžadovalo další analgezii. Na druhou stranu tato doplňující analgezie ve skupině N<sub>2</sub>O byla nižší než 92 % analgezie ve skupině, která obdržela pouze kyslík.<sup>[28, 33]</sup>

Poslední zmíněná studie (Mckinnon a kol.) již byla nastíněna v předešlé podkapitole. Stejně jako popisovaná studie na záchranné službě, tak i tato se nacházela v oblasti Kitchener-Waterloo (oblast spojených měst Kitchener a Waterloo v provincii Ontario v Kanadě), konkrétně na tamějších dvou urgentních příjmech. Souhlasné je i období, ve kterém byly obě studie provedeny (studie na urgentních příjmech byla provedena dříve – 1980), přičemž konkrétně byla prováděna během šesti měsíců. Používán byl přípravek Entonox v tlakových lahvích pomocí pacientem samoobslužné soupravy. Hodnotné analgezie (výrazná nebo částečná úleva od bolesti) bylo dosaženo u 95% ze 110 pacientů urgentního příjmu, kteří pociťovali výraznou bolest různého původu. Věk pacientů byl mezi 8 rokem až 82 lety. Výsledky ukazují, že úleva od bolesti nastala v 95% případů (dle observace personálu) a v 95% případů (dle odpovědí pacientů). Značná úleva byla zaznamenána v 59% případech (dle observace personálu) a v 49% případech (dle odpovědí pacientů). V případě 13 pacientů se rozcházel hodnocení analgezie pozorujícím a pacientem. Z toho v deseti případech uvedla zdravotnický personál „značná“, zatímco pacient zaznamenal „částečná“. Nicméně, ve třech případech uvedli pacienti větší úlevu od bolesti než pozorující personál. Šest pacientů nahlásilo žádnou úlevu od bolesti. Dva z těchto pacientů trpěli závažnou abdominální bolestí, ostatní byli postiženi bolestí zad, tenisovým loktem a akromioklavikulární luxací kloubu. Šestý pacient byl mladistvý, který podstoupil manuální nápravu zlomeniny předloktí. V jeho případě doktor nezaznamenal žádnou úlevu od bolesti, kdežto pacient nahlásil částečnou úlevu a udal, že by Entonox využil znovu.

Souhrnné číslo 103 pacientů nahlásilo, že by směs oxid/kyslík využilo znovu i při silné bolesti. Čtyři z šesti pacientů, kteří nepocítili žádnou úlevu od bolesti a tři s částečnou úlevou od bolesti udali, že by Entonox znovu nevyužili. Dodržování instrukcí pacienty a používání masek bylo považováno téměř za perfektní. Nevyšly se žádné závažné vedlejší efekty. Ty, které byly nahlášené byly mírné a zdálo se, že jsou pouhou součástí předpokládaného účinku oxidu dusného. Závěrem studie konstatuje, že Entonox je obzvlášť příhodný pro nemocnice, kde není personální záloha ani lékaři urgentního příjmu okamžitě dostupní. Entonox se prokázal jako nejvíc užitečný při takových indikacích nebo procedurách, kdy je nejžádanější rychlý nástup a zároveň rychlé odeznění účinku.<sup>[35]</sup>

# **PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 FORMULACE PROBLÉMU

Oxid dusný je plyn známý a používaný téměř čtvrt tisíciletí. Byl a je používán v řadě medicínských oborů. V průběhu let se mu dostávalo větší i menší pozornosti. V nemocniční péči je využíván pro své anestetické, analgetické, sedativní či anxiolytické účinky a také bývá kombinován s dalšími anestetickými přípravky. V podmínkách přednemocniční a nemocniční neodkladné péče je v řadě zemí používaným medikamentem.

V České republice je okolo jeho používání v neodkladné péči málo veřejně známých informací. Na jakých urgentních příjmech a zdravotnických záchranných službách se v České republice oxid dusný reálně používá a proč? Jaké jsou zvyklosti jeho používání v urgentní medicíně v českých podmínkách? Na tyto neobjasněné a další otázky se tato práce ve své praktické části zaměřuje a pokouší se je zodpovědět.

# 5 CÍLE A PŘEDPOKLADY VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ

V této bakalářské práci bylo stanoveno pět cílů práce, jenž shrnují oblasti, na které se zaměřovala praktická část. Na ně dále navazují takzvané předpoklady, které vytyčují odhadované skutečnosti, které by měla výzkumná část potvrdit, popřípadě vyvrátit.

## 5.1 Cíle

C1: Zjistit na jakých pracovištích zdravotnických záchranných služeb a vybraných urgentních příjmech krajských, fakultních či velkých pražských nemocnic se N<sub>2</sub>O reálně využívá.

C2: Zjistit důvody využívání N<sub>2</sub>O na pracovištích zdravotnických záchranných služeb a urgentních příjmů.

C3: Zjistit jaké jsou výhody a kompetence pro použití oxidu dusného na jednotlivých urgentních příjmech a zdravotnických záchranných službách.

C4: Zjistit u koho zdravotnické záchranné služby a vybrané urgentní příjmy v České republice nejčastěji oxid dusný používají, jak často a v jaké koncentraci.

C5: Zjistit indikace použití N<sub>2</sub>O na pracovištích zdravotnických záchranných služeb a urgentních příjmech.

## 5.2 Předpoklady

P1: Předpokládáme, že je oxid dusný málo četným medikamentem užívaným v neodkladné péči v ČR.

P2: Předpokládáme, že na urgentních příjmech se oxid dusný používá častěji než na zdravotnických záchranných službách.

P3: Předpokládáme, že se v urgentní medicíně oxid dusný převážně používá k analgezii či sedaci.

P4: Předpokládáme, že indikace k použití oxidu dusného jsou převážně traumatické.

P5: Předpokládáme, že se oxid dusný používá nejčastěji k analgezií v koncentraci 50:50 s kyslíkem.

# 6 METODIKA PRÁCE A VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ

Metodika práce a výzkumného šetření je soubor postupů a pravidel podle kterých je zpracována praktická část bakalářské práce. V této kapitole jsou proto popsány metody výzkumu a také vzorek respondentů, jejichž odpovědi byly předmětem zkoumání.

## 6.1 Metody výzkumu

Praktická část této bakalářské práce je vypracována metodou kvantitativního výzkumného šetření. Informace byly sbírány pomocí anonymních dotazníků v elektronické formě. Dotazník byl vytvořen zvlášť pro urgentní příjmy a zvlášť pro zdravotnické záchranné služby. Důvodem tohoto rozdělení jsou jisté rozdílné charakteristiky každého ze zmíněných zdravotnických zařízení. Dotazníky jsou do jisté míry stejné, ale v několika otázkách se liší, proto lze v některých parametrech oba subjekty porovnávat. Oba dotazníky obsahují 14 otázek, přičemž otázka číslo 1 a 2 jsou pro všechna dotazovaná zařízení stejná.

V otázce číslo 2 se nachází stěžejní bod (používání vs. nepoužívání  $N_2O$ ), kde po souhlasné odpovědi dotazník odkazuje na dalších dvanáct doplňujících otázek z oblasti detailů používání. Pokud respondent negoval využívání  $N_2O$  byl následně odkázán na konec dotazníku. Kvůli tomu se liší počet odpovědí na 1. a 2. otázku a na zbývajících 12 otázek. V dotazníkovém šetření byly použity jak uzavřené dichotomické otázky, tak i polytomický typ otázek. Též byly zařazeny otázky s možností vícečetné odpovědi či obsahující jako jednu z možností doplňující otevřené pole pro vlastní odpověď. Vyplňování dotazníku bylo provedeno prostřednictvím internetového serveru [www.google.com/forms](http://www.google.com/forms), a to od 1. prosince 2019 do 31. ledna 2020 a celkem bylo získáno 14 zodpovězených dotazníků ze zdravotnických záchranných služeb a 13 zodpovězených dotazníků z vybraných urgentních příjmů nemocnic krajských měst (fakultních nebo krajských nemocnic) a některých velkých pražských nemocnic. Souhlasy s výzkumným šetřením jsou v přílohách této práce (viz Příloha 3, 4). Pro vyhodnocení získaných dat byly použity tabulkový procesor Microsoft Excel a textový procesor Microsoft Word.



## 6.2 Vzorek respondentů

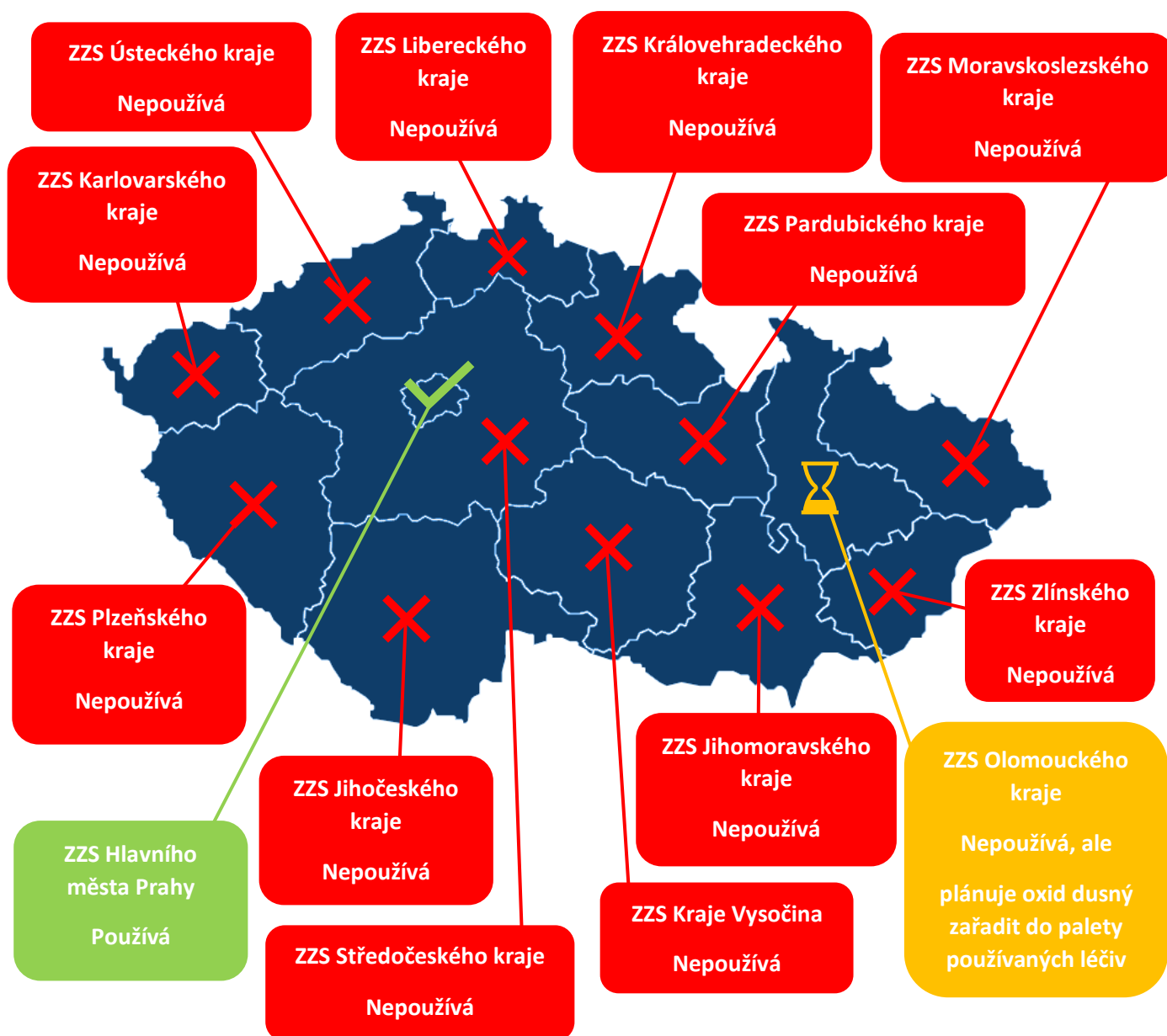
Jako respondent byl osloven vždy pouze jeden pracovník dotazovaného zdravotnického zařízení, který má přehled o dané problematice a je kompetentní o ní podávat informace (př: primář, vedoucí vzdělávacího a výcvikového střediska, vedoucí sestry, vedoucí záchranář, vrchní či staniční sestry apod.).

# 7 PREZENTACE A ANALÝZA VÝSLEDKŮ

## 7.1 Výsledná data ze zdravotnické záchranné služby

Otázka č. 1: Z jakého zdravotnického zařízení jste?

Mapa 1 Mapa České republiky rozdělená na kraje se zvýrazněným používáním či nepoužíváním oxidu dusného na zdravotnických záchranných službách v jednotlivých krajích a v Praze



Mapa 1 Zdroj obrázku: <https://www.meteo-pocasi.cz/maps/cz/>, Zdroj: vlastní, otázka 1, 2, - dotazník pro ZZS

Otázka číslo jedna se dotazuje na příslušnost k zdravotnické záchranné službě, přičemž se podařilo získat odpověď od všech 14 zdravotnických záchranných služeb v ČR. Vyobrazená mapa v sobě obsahuje jak odpověď na otázku příslušnosti k zdravotnickému zařízení, tak k druhé otázce zabývající se stěžejním zjištěním o používání či nepoužívání oxidu dusného. Tyto informace byly seskupeny pro lepší přehlednost do mapy s popisky – viz Mapa 1.

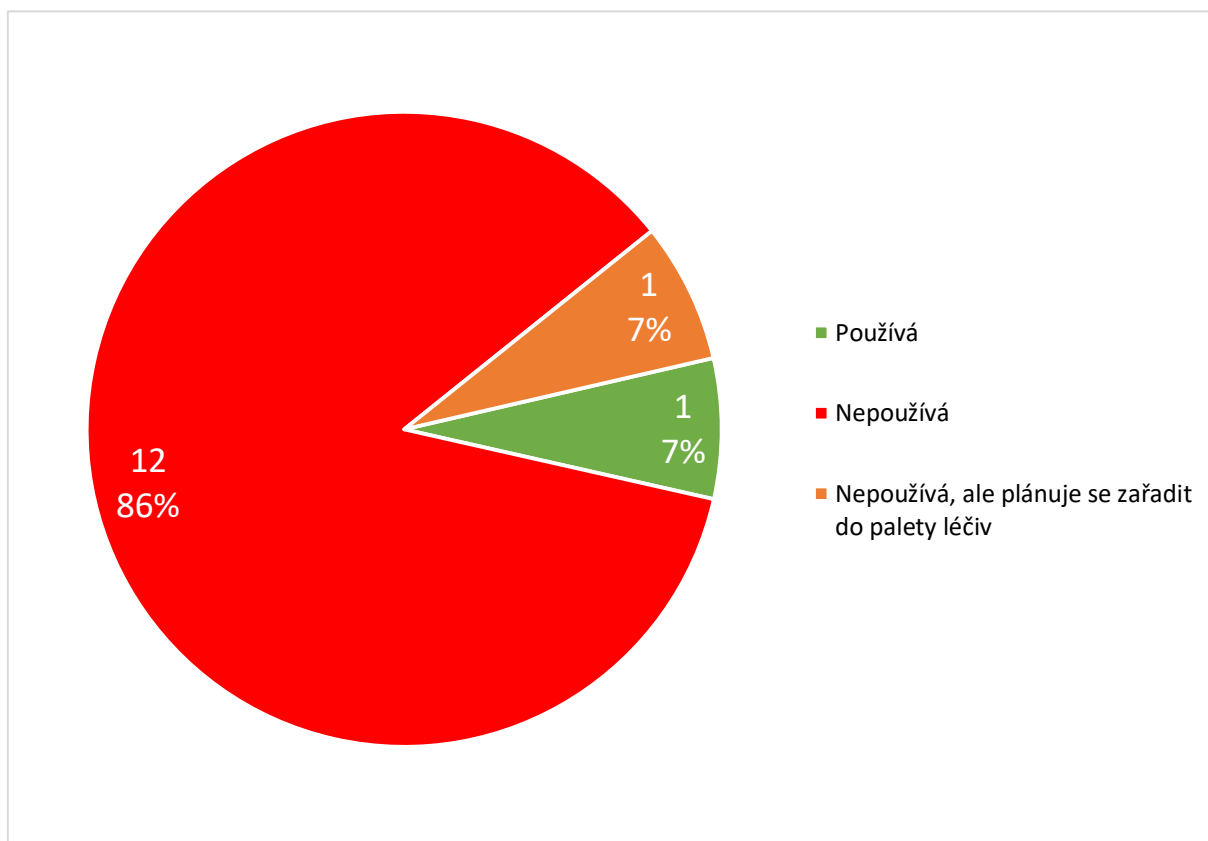
**Otázka č. 2: Je oxid dusný používán ve Vašem zdravotnickém zařízení?**

**Tabulka 1 Četnost používání oxidu dusného na zdravotnických záchranných službách v ČR**

Zdravotnická záchranná služba		Použití	Zdravotnická záchranná služba		Použití
1	Ústeckého kraje	NE	8	Jihomoravského kraje	NE
2	Libereckého kraje	NE	9	Kraje Vysočina	NE
3	Královehradeckého kraje	NE	10	Jihočeského kraje	NE
4	Pardubického kraje	NE	11	Plzeňského kraje	NE
5	Zlínského kraje	NE	12	Karlovarského kraje	NE
6	Moravskoslezského kraje	NE	13	Středočeského kraje	NE
7	Olomouckého kraje	NE, ale	14	Hlavního města Prahy	ANO
plánuje se zařadit do palety léčiv					

Zdroj: vlastní, otázka č. 2 – dotazník pro ZZS

**Graf 1 Četnost používání oxidu dusného na zdravotnických záchranných službách v ČR**



Zdroj: vlastní, otázka č. 2 – dotazník pro ZZS

Pro přesnost a přehlednost je zde přiloženo k druhé otázce ještě grafické a tabulkové znázornění četnosti používání oxidu dusného na zdravotnických záchranných službách v České republice. Na výběr dostali respondenti kromě obligátních možností (používá vs. nepoužívá) též možnost „Nepoužívá, ale naše zařízení plánuje oxid dusný zařadit do palety používaných léčiv“. Zmíněná možnost vyjadřuje potenciální zařízení, která by v budoucnu mohla oxid dusný reálně používat, ale v přítomnosti tomu tak ještě není. Dle grafu 1 je názorně vyjádřen poměr zařízení používajících oxid dusný (1 = 7 %), zařízení oxid dusný plánující zařadit do palety léčiv (1 = 7 %) a zařízení oxid dusný nevyužívajících (12 = 86 %), viz Tabulka 1.

Současně druhá otázka byla v dotazníku selekčním bodem, kdy elektronický dotazník (Google forms) vyřadí respondenty s odpovědí: „Nepoužívá“ a „Nepoužívá, ale naše zařízení plánuje oxid dusný zařadit do palety používaných léčiv“ a odkáže je na konec dotazníku, kde dotazník odešlou. Doplňujících 12 otázek vyplňují pouze respondenti, kteří zaškrtnuli v druhé otázce možnost „Používá“, což byla v případě zdravotnických záchranných služeb pouze Zdravotnická záchranná služba Hlavního města Prahy (ZZS HmP). Proto následující otázky a grafy vycházejí z odpovědi jediného respondenta.

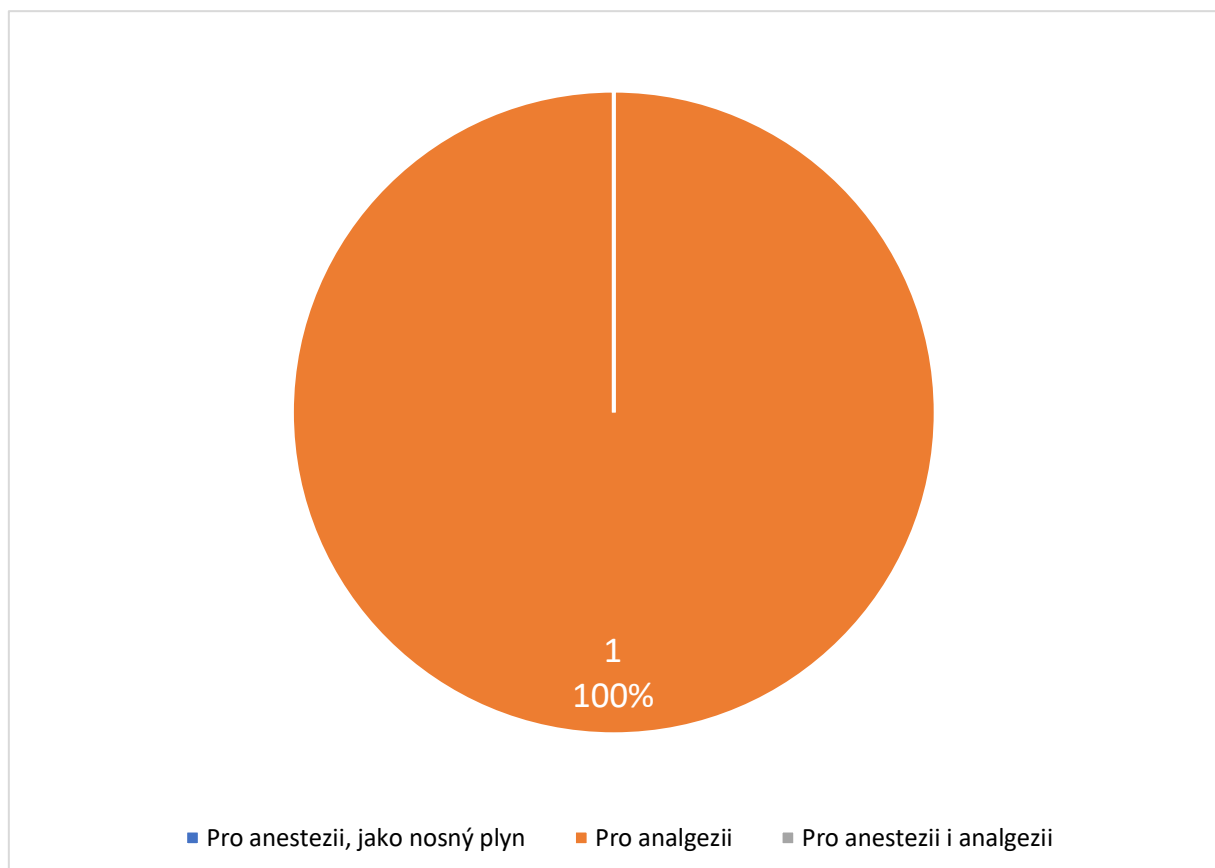
### Otázka č. 3: Pro jaký účel oxid dusný používáte?

Tabulka 2 Účel použití oxidu dusného

Zdravotnická záchraná služba	Účel použití
Hlavního města Prahy	Pro analgezii

Zdroj: vlastní, otázka č. 3 – dotazník pro ZZS

Graf 2 Účel použití oxidu dusného



Zdroj: vlastní, otázka č. 3 – dotazník pro ZZS

Další otázkou byli respondenti dotazováni, za jakým účelem oxid dusný používají. Dle možnosti použití oxidu dusného jsou tedy k dispozici odpovědi odkazující na jeho analgetický či částečný anestetický účinek (Pro analgezii vs. Pro anestezii vs. Pro anestezii i analgezii). V této fázi dotazníku je odpovídajícím respondentem pro tuto a zbývající otázky pouze pracovník Zdravotnické záchrané služby Hlavního města Prahy. Odpověď tedy zněla, že oxid dusný je v jejich případě výhradně používán jako analgetikum.

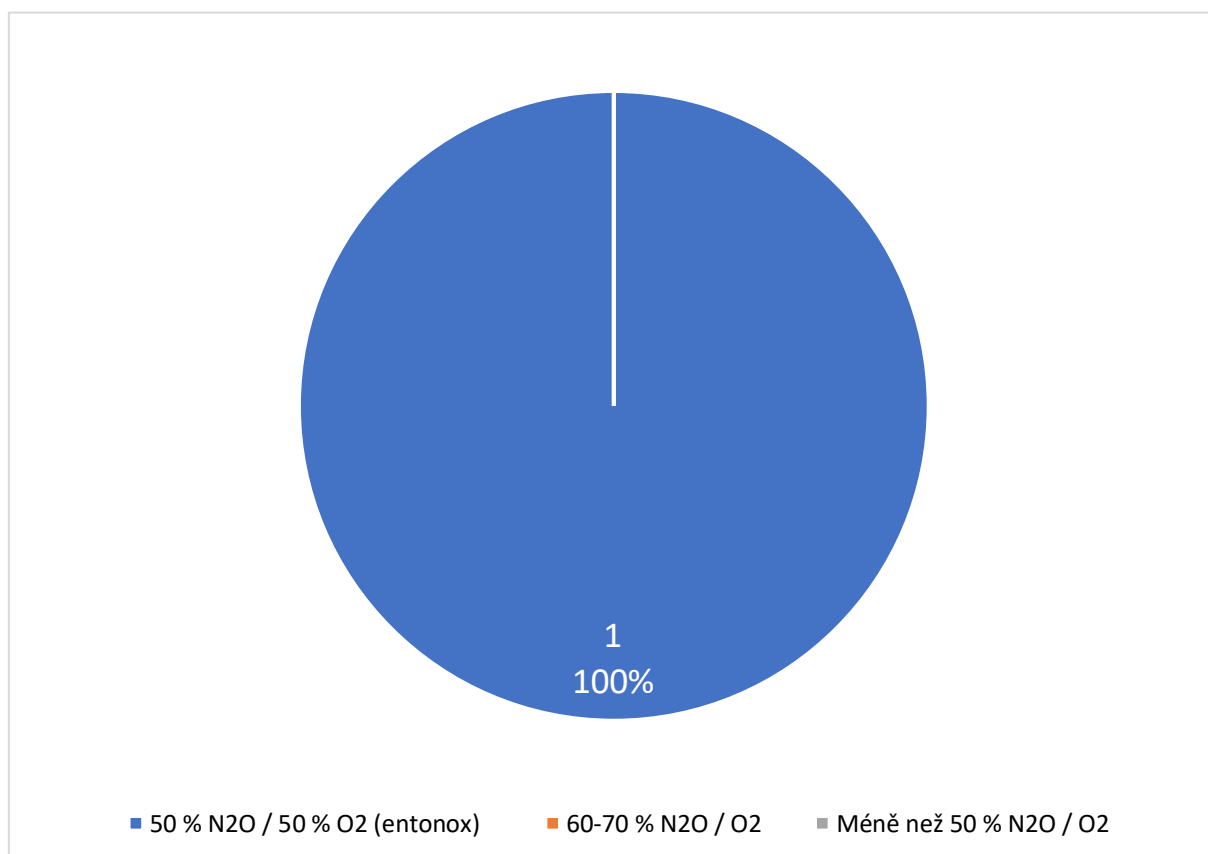
#### Otázka č. 4: V jaké koncentraci oxid dusný používáte?

Tabulka 3 Používaná koncentrace oxidu dusného

Zdravotnická záchraná služba	Používaná koncentrace
Hlavního města Prahy	50 % N <sub>2</sub> O / 50 % O <sub>2</sub> (Entonox)

Zdroj: vlastní, otázka č. 4 – dotazník pro ZZS

Graf 3 Používaná koncentrace oxidu dusného



Zdroj: vlastní, otázka č. 4 – dotazník pro ZZS

Otázka zjišťuje procentuální zastoupení oxidu dusného vůči kyslíku v používané směsi. K výběru byly odpovědi nabízející koncentraci N<sub>2</sub>O menší než 50 % / O<sub>2</sub>, koncentraci 50 % N<sub>2</sub>O / 50 % O<sub>2</sub> (Entonox) nebo koncentraci 60-70 % / O<sub>2</sub>. Dle výsledků se na jediné využívající zdravotnické záchrané službě používá takzvaný Entonox. Je to premix 50 % N<sub>2</sub>O a 50 % O<sub>2</sub>, který je určen k analgezii, popřípadě k lehké sedaci. Entonox je přípravek, který už je předem namíchaný, a tudíž se pomocí něj dá aplikovat pouze fixní koncentrace 1:1 (N<sub>2</sub>O:O<sub>2</sub>).

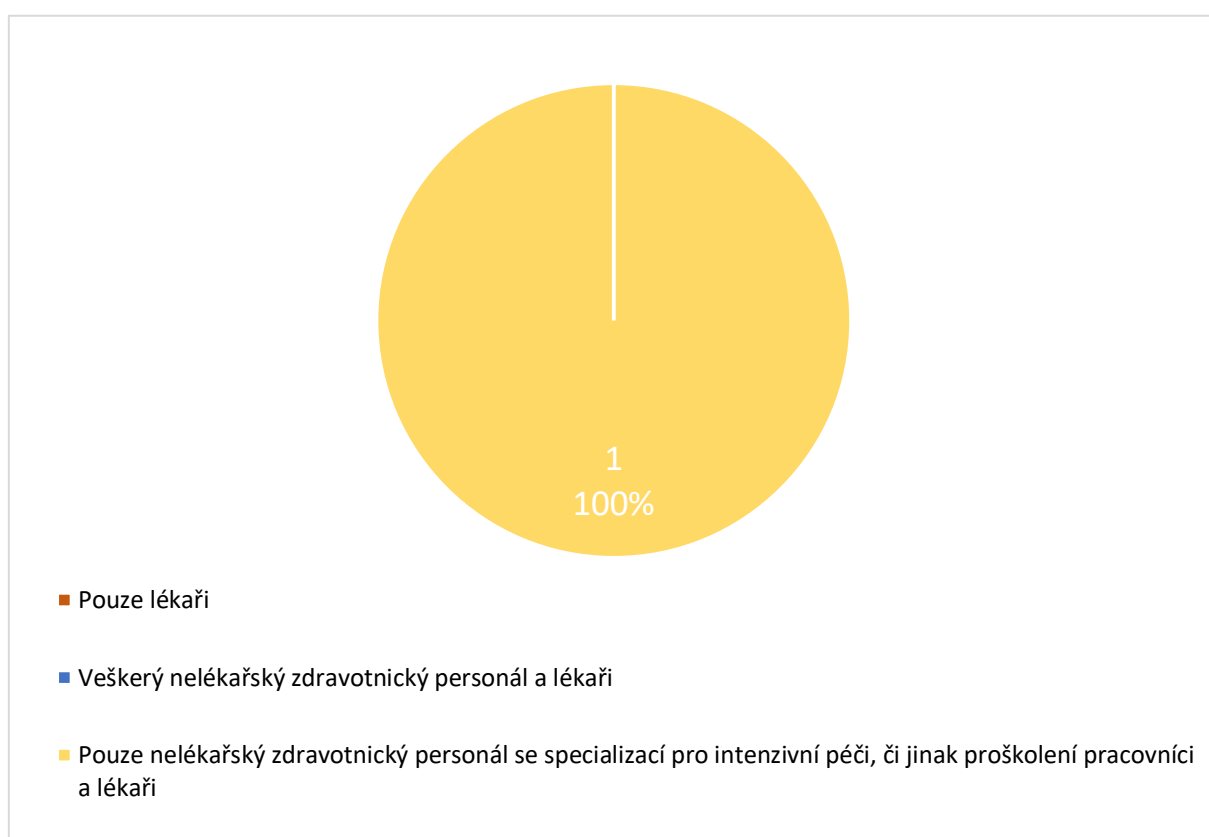
### Otázka č. 5: Která pozice zdravotnického pracovníka má kompetenci oxid dusný podávat?

Tabulka 4 Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat

Zdravotnická záchraná služba	Pozice kompetentního pracovníka
Hlavního města Prahy	Pouze nelékařský zdravotnický personál se specializací pro intenzivní péči, či jinak proškolení pracovníci a lékaři

Zdroj: vlastní, otázka č. 5 – dotazník pro ZZS

Graf 4 Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat



Zdroj: vlastní, otázka č. 5 – dotazník pro ZZS

V oblasti vymezení kompetencí pro podávání oxidu dusného bylo dotazníkem na otázku nabídnuty tři možné nastavení. Konkrétní možnosti odpovědí byly: 1. Pouze lékaři, 2. Veškerý nelékařský zdravotnický personál a lékaři, 3. Pouze nelékařský zdravotnický personál se specializací pro intenzivní péči, či jinak proškolení pracovníci a lékaři. Jak se ukázalo, tak jediný subjekt využívající  $N_2O$  v přednemocniční péči v České republice tuto kompetenci určil pouze pro nelékařské zdravotnické pracovníky se specializací pro intenzivní péči (nejčastěji zdravotničtí záchranáři), či jinak proškolený personál a samozřejmě kompetenci podávat Entonox mají i lékaři.



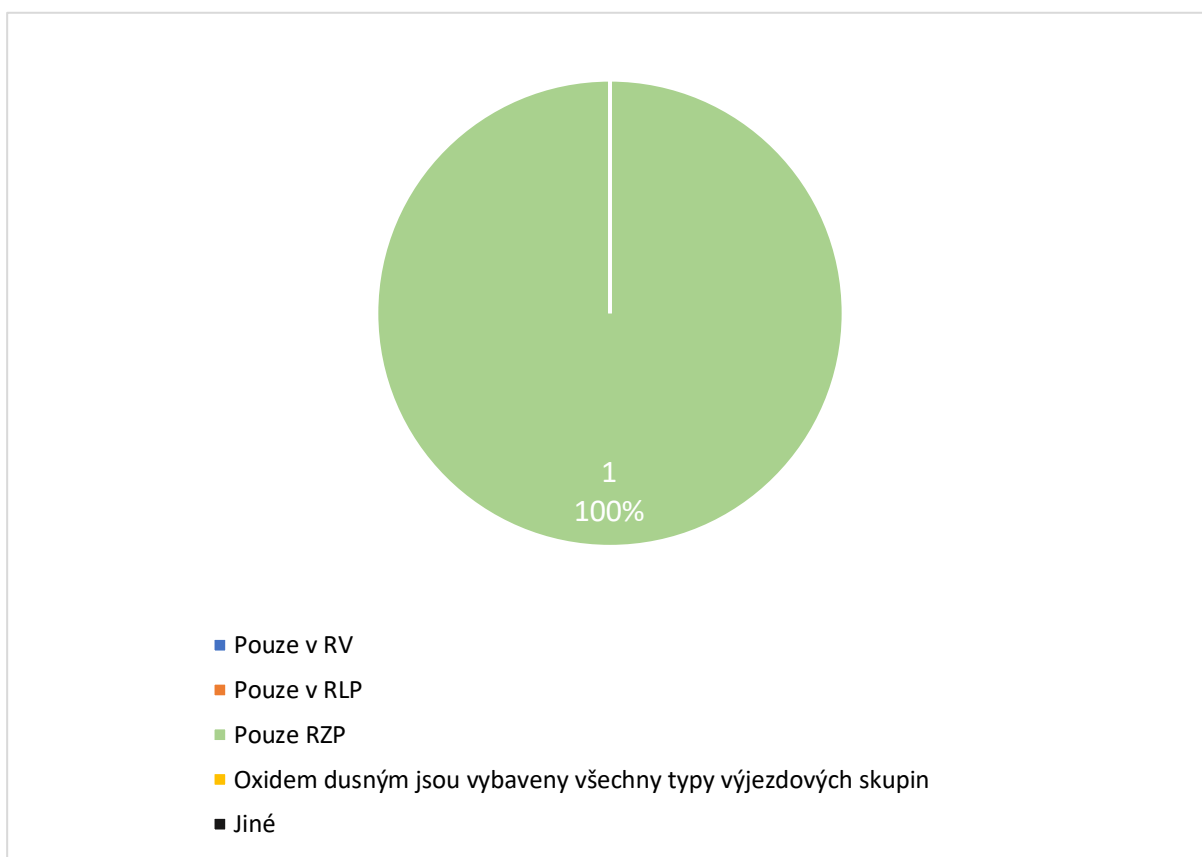
### Otázka č. 6: Ve vybavení, jakého typu výjezdové skupiny se nachází oxid dusný?

Tabulka 5 Výjezdové skupiny mající ve vybavení oxid dusný

Zdravotnická záchranná služba	Výjezdová skupina mající ve výbavě N <sub>2</sub> O
Hlavního města Prahy	Pouze RZP

Zdroj: vlastní, otázka č. 6 – dotazník pro ZZS

Graf 5 Výjezdové skupiny mající ve vybavení oxid dusný



Zdroj: vlastní, otázka č. 6 – dotazník pro ZZS

Dalším posuzovaným prvkem bylo vyčlenění oxidu dusného pro jednotlivé typy výjezdových skupin. Toto rozdělení je provedeno z důvodu vyčlenění různě erudovaných pracovníků pro kvalifikované řešení případů dle závažnosti a nároků na znalosti ve vazbě na kompetenci ošetřujícího zdravotníka. V českých podmínkách jsou ve skrze tři druhy výjezdových skupin. První a základní je „Rychlá zdravotnická pomoc“ (RZP), dále „Rychlá lékařská pomoc“ (RLP) a takzvaný „Rendez vous“ neboli setkávací systém (RV). Posádka vozu RZP je složena ze zdravotnického záchranáře a řidiče, posádka RLP pak čítá lékaře, zdravotnického záchranáře a řidiče, osádkou vozu RV je lékař a řidič (řidič může být zdravotnický záchranář). ZZS HmP Entonoxem vybavuje dle zjištěných informací výjezdovou skupinu RZP.

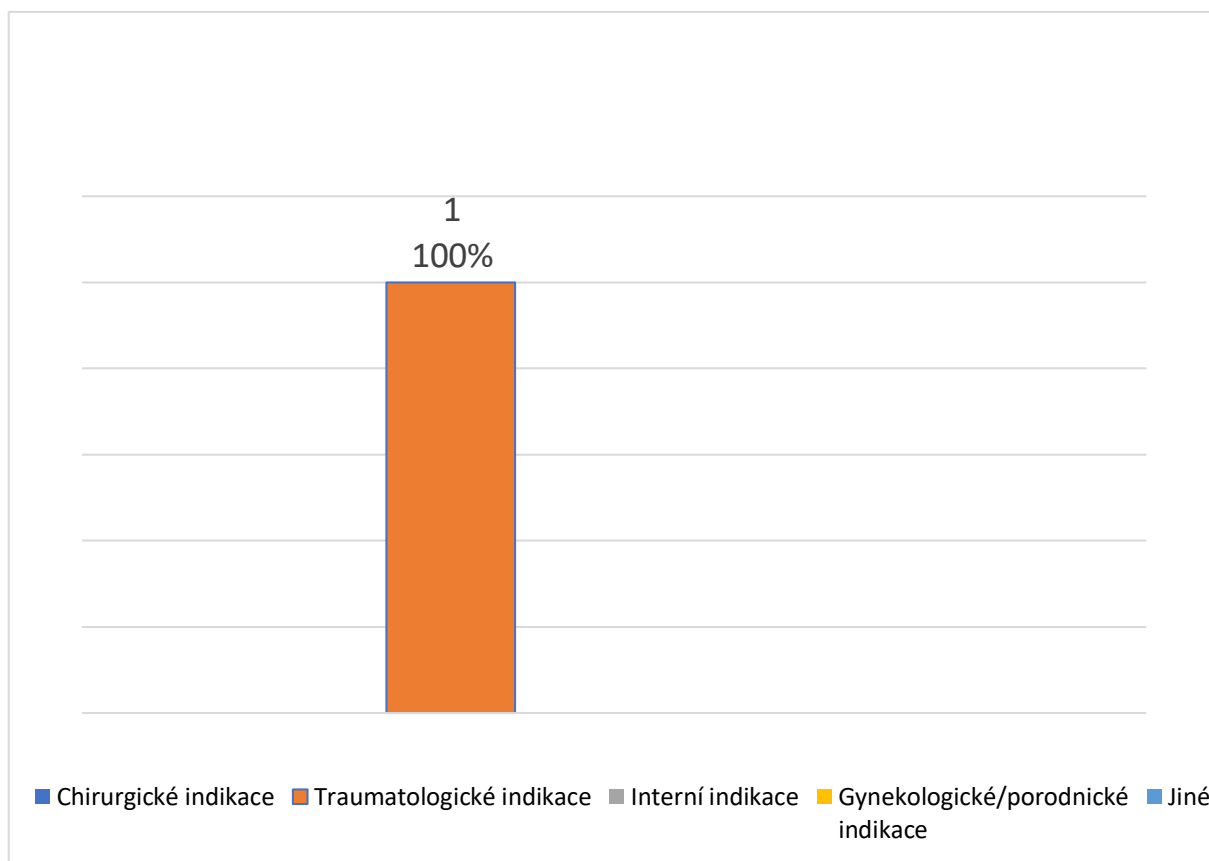
**Otázka č. 7: V jakých nejčastějších indikacích používáte oxid dusný?**

**Tabulka 6 Indikace pro použití oxidu dusného v přednemocniční neodkladné péči**

Zdravotnická záchraná služba	Indikace pro použití N <sub>2</sub> O v přednemocniční neodkladné péči
Hlavního města Prahy	Traumatologická indikace

Zdroj: vlastní, otázka č. 7 – dotazník pro ZZS

**Graf 6 Indikace pro použití oxidu dusného v přednemocniční neodkladné péči**



Zdroj: vlastní, otázka č. 7 – dotazník pro ZZS

Otázka mapující indikace použití v přednemocniční neodkladné péči mohla být vícečetně vyplněna. I přesto však respondent uvádí z výběru chirurgických, traumatologických, interních, gynekologicko-porodnických či jiných indikací pouze možnost traumatologické (úrazové) indikace.

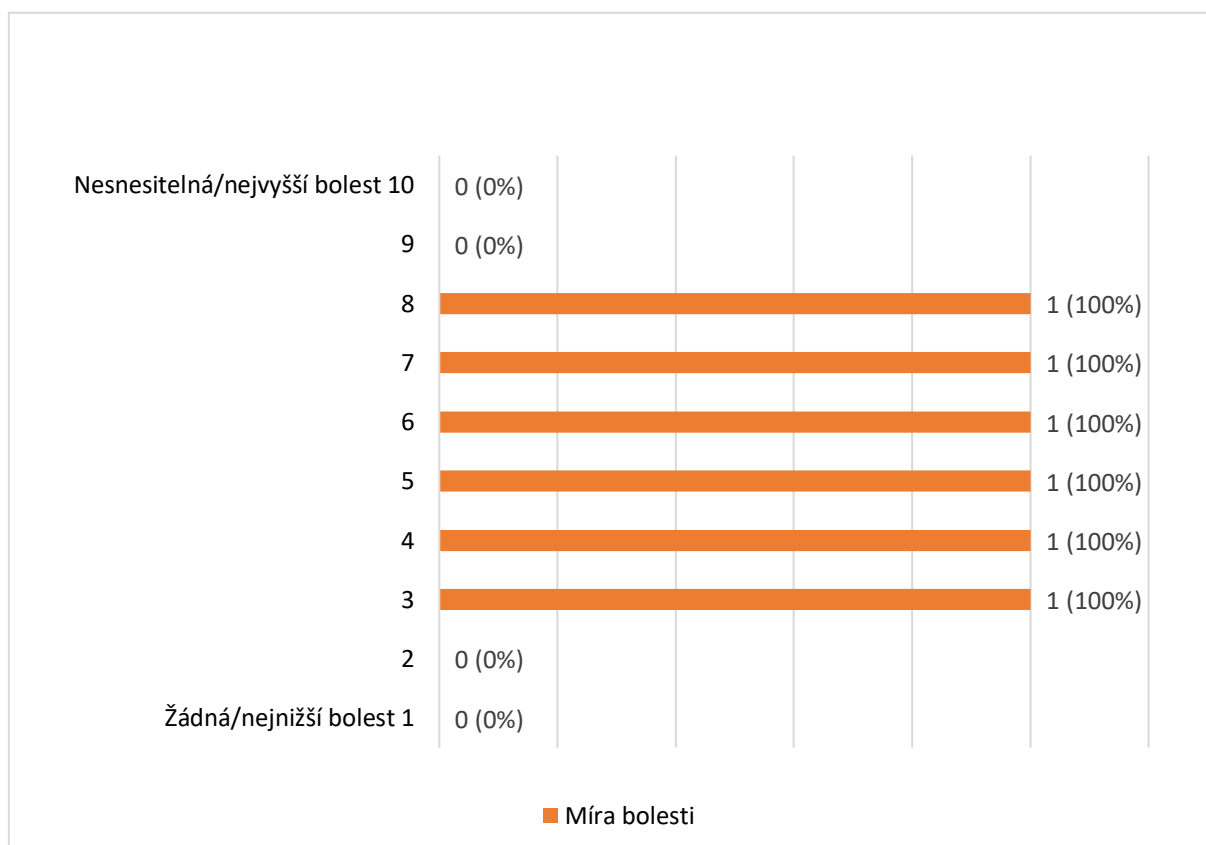
### Otázka č. 8: K jaké intenzitě bolesti nejčastěji pracovníci vašeho zařízení aplikují oxid dusný?

Tabulka 7 Intenzita bolesti, při které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný

Zdravotnická záchranná služba	Míra bolesti, při které pracovníci podávají N <sub>2</sub> O									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hlavního města Prahy			ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO		

Zdroj: vlastní, otázka č. 8 – dotazník pro ZZS

Graf 7 Intenzita bolesti, při které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný



Zdroj: vlastní, otázka č. 8 – dotazník pro ZZS

Otázka číslo 8 cílí již na specifický efekt oxidu dusného, kterým je jeho analgetická schopnost. Otázka je koncipovaná tak, aby respondent mohl označit z vizuální analogové škály bolesti takové hodnoty, které odpovídají míře bolesti, kterou obvykle pacient pociťuje před tím, než je mu indikován oxid dusný. Vizuální analogová škála bolesti je uspořádána na číselné stupnici od jedné do desíti, kdy 1 je žádná či nejnižší bolest a 10 je nesnesitelná či nejvyšší pociťená bolest. Jedině touto metodou lze kvantifikovat subjektivní a individuální práh či pociťování bolesti každého pacienta. Respondent ZZS HmP udává na škále bolest odpovídající číselným hodnotám od 3 do 8.

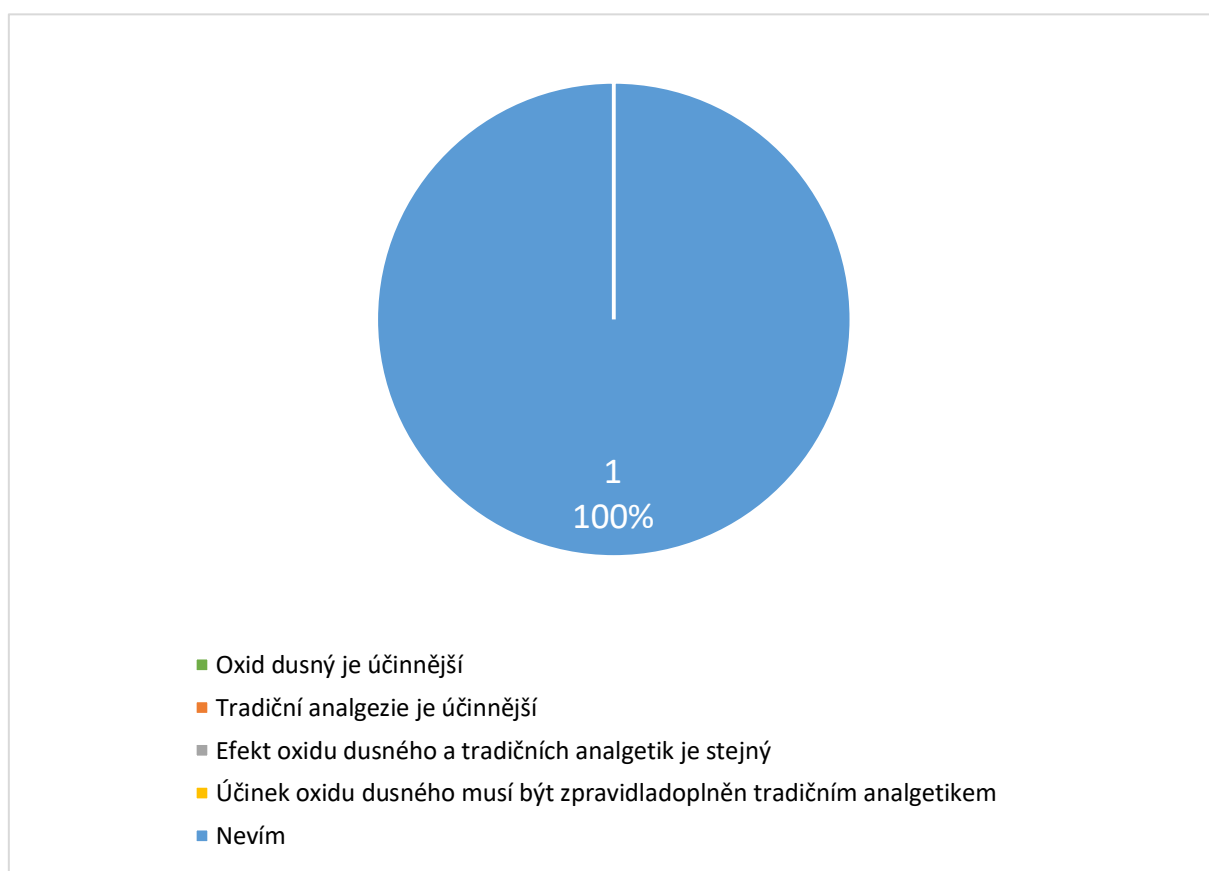
**Otázka č. 9: S přihlédnutím na Vámi zvolenou intenzitu bolesti v minulé otázce porovnejte účinek oxidu dusného při dané bolesti s tradičními analgetiky při stejné bolesti?**

**Tabulka 8 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti**

Zdravotnická záchraná služba	Porovnání N <sub>2</sub> O a tradičních analgetik
Hlavního města Prahy	Nevím

*Zdroj: vlastní, otázka č. 9 – dotazník pro ZZS*

**Graf 8 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti**



*Zdroj: vlastní, otázka č. 9 – dotazník pro ZZS*

Otázka číslo 9 je navázána na předešlou otázku. Cílem této otázky je zjistit, jak si podle zkušeností zdravotnické záchrané služby oxid dusný stojí se svým analgetickým účinkem v porovnání s běžně používanými tradičními analgetiky. Respondent vybíral z pěti možných odpovědí: 1. Oxid dusný je účinnější, 2. Tradiční analgezie je účinnější, 3. Efekt oxidu dusného a tradičních analgetik je stejný, 4. Účinek oxidu dusného musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem, 5. Nevím. Respondent v tomto případě bohužel označil odpověď „Nevím“.

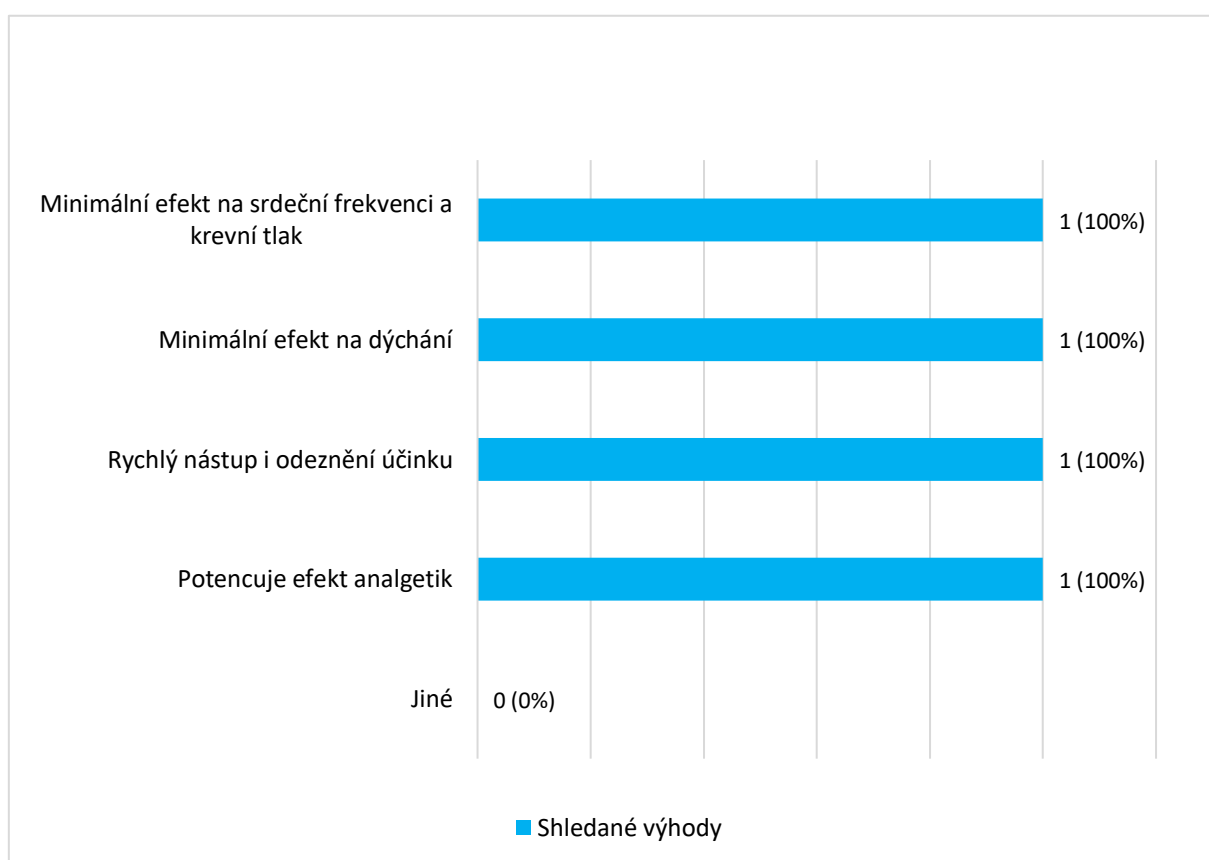
### Otázka č. 10: Jaké výhody shledáváte v použití oxidu dusného?

Tabulka 9 Výhody shledávané v použití oxidu dusného

Zdravotnická záchranná služba	Výhody shledávané v použití N <sub>2</sub> O				
	Minimální efekt na		Rychlý nástup a odeznění účinku	Potencuje efekt analgetik	Jiné
	srdeční frekvenci a krevní tlak	dýchání			
Hlavního města Prahy	ANO	ANO	ANO	ANO	

Zdroj: vlastní, otázka č. 10 – dotazník pro ZZS

Graf 9 Výhody shledávané v použití oxidu dusného



Zdroj: vlastní, otázka č. 10 – dotazník pro ZZS

Desátá otázka se zabírala oblastí výhod shledávaných na používání N<sub>2</sub>O, přičemž umožňovala respondentovi zaznamenat více odpovědí či doplnit vlastní ve vyhrazeném poli „Jiné“. Odpovědi byly zvoleny podle obecně známých farmakologických vlastností, které považujeme pro organismus a medicínské použití za pozitivní. Odpovědi zahrnovaly možnost označit tyto výhody: Minimální efekt na srdeční frekvenci a krevní tlak, minimální efekt na dýchání, rychlý nástup a odeznění účinku, potencuje efekt analgetik. Respondent v této otázce označil za výhodné všechny tyto odpovědi.

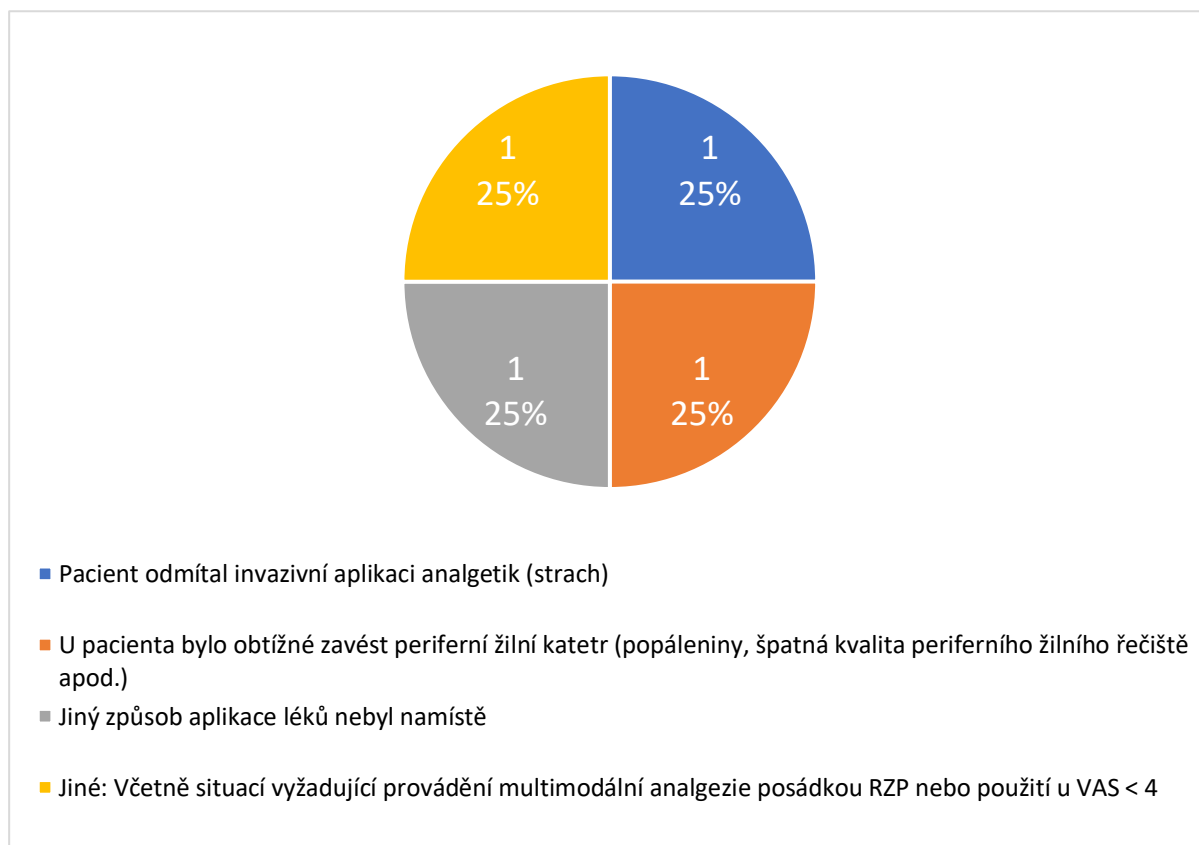
**Otázka č. 11: Jaký je hlavní důvod pro podání oxidu dusného vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání?**

**Tabulka 10 Hlavní důvod pro podání N<sub>2</sub>O vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání**

Zdravotnická záchraná služba	Hlavní důvody pro podání vzhledem k charakteristickému způsobu podání N <sub>2</sub> O			
Hlavního města Prahy	Pacient odmítal invazivní aplikaci analgetik (strach)	U pacienta bylo obtížné zavést periferní žilní katetr (popáleniny, špatná kvalita periferního žilního řečiště apod.)	Jiný způsob aplikace léků nebyl namístě	Jiné: Včetně situací provádění multimodální analgezie posádkou RZP nebo použití u VAS < 4.

Zdroj: vlastní, otázka č. 11 – dotazník pro ZZS

**Graf 10 Hlavní důvod pro podání N<sub>2</sub>O vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání**



Zdroj: vlastní, otázka č. 11 – dotazník pro ZZS

Tato otázka se zabírala hlavními důvody pro používání vyplývajícími z charakteristického podávání oxidu dusného jako medicijního plynu. Na výběr bylo možné zaznamenat odpovědi: Pacient odmítal invazivní aplikaci analgetik (strach), u pacienta bylo obtížné zavést periferní žilní katetr

(popáleniny, špatná kvalita periferního žilního řečiště apod.), jiný způsob aplikace léků nebyl namístě. Dále bylo k dispozici i pole pro vlastní odpověď. Respondent v tomto poli udává, že považuje všechny uvedené důvody pro jeho zařízení za relevantní, plus dodává ještě vlastní důvod, který zní: „Včetně situací provádění multimodální analgezie posádkou RZP nebo použití u VAS < 4“.

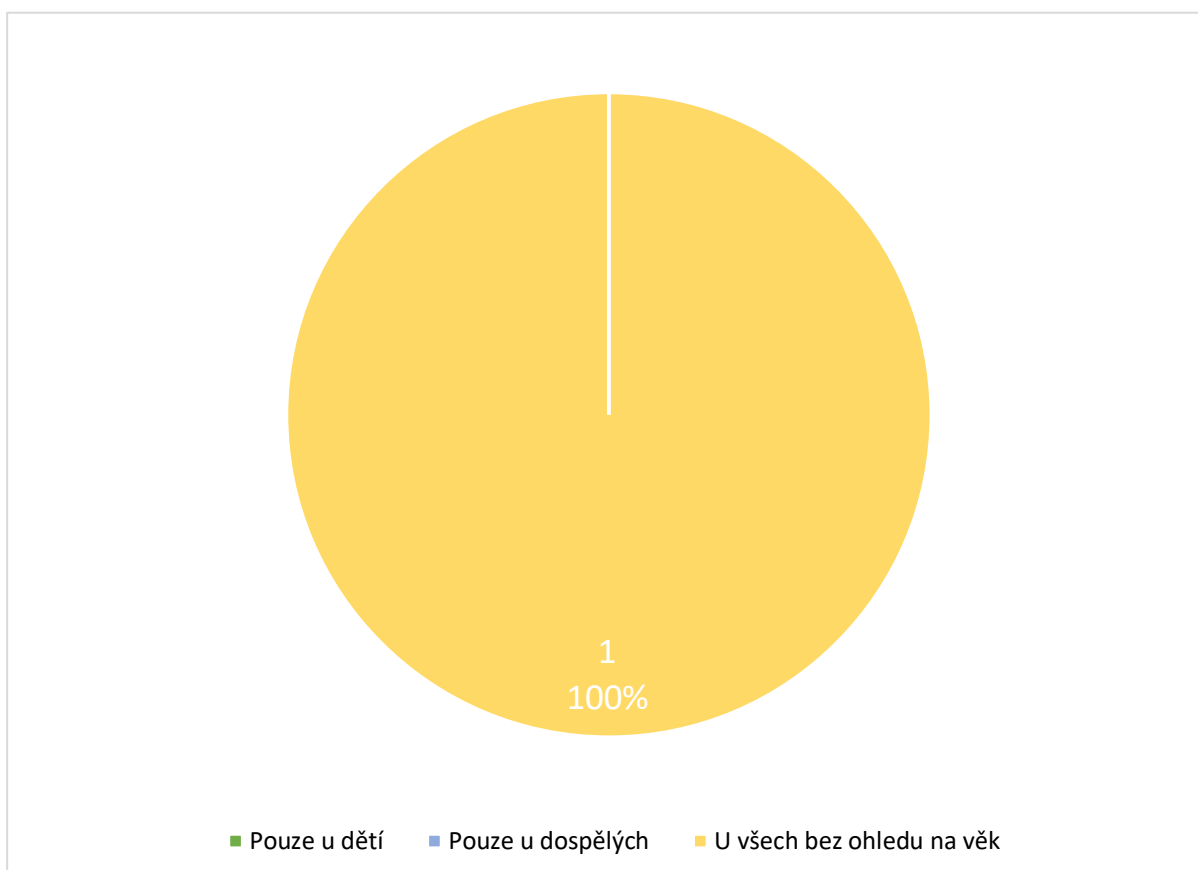
**Otázka č. 12: U jakých indikovaných pacientů vzhledem k věku oxid dusný podáváte?**

**Tabulka 11 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku**

Zdravotnická záchraná služba	Indikované věkové období
Hlavního města Prahy	U všech bez ohledu na věk

Zdroj: vlastní, otázka č. 12 – dotazník pro ZZS

**Graf 11 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku**



Zdroj: vlastní, otázka č. 12 – dotazník pro ZZS

V pořadí 12. otázka zjišťovala, je-li při používání oxidu dusného ve zdravotnickém zařízení nějaká vazba indikace na věk pacienta. Na výběr byly tyto možnosti: 1. Pouze u dětí, 2. Pouze u dospělých, 3. U všech bez ohledu na věk. Respondent ze ZZS HmP označil poslední z uvedených odpovědí.



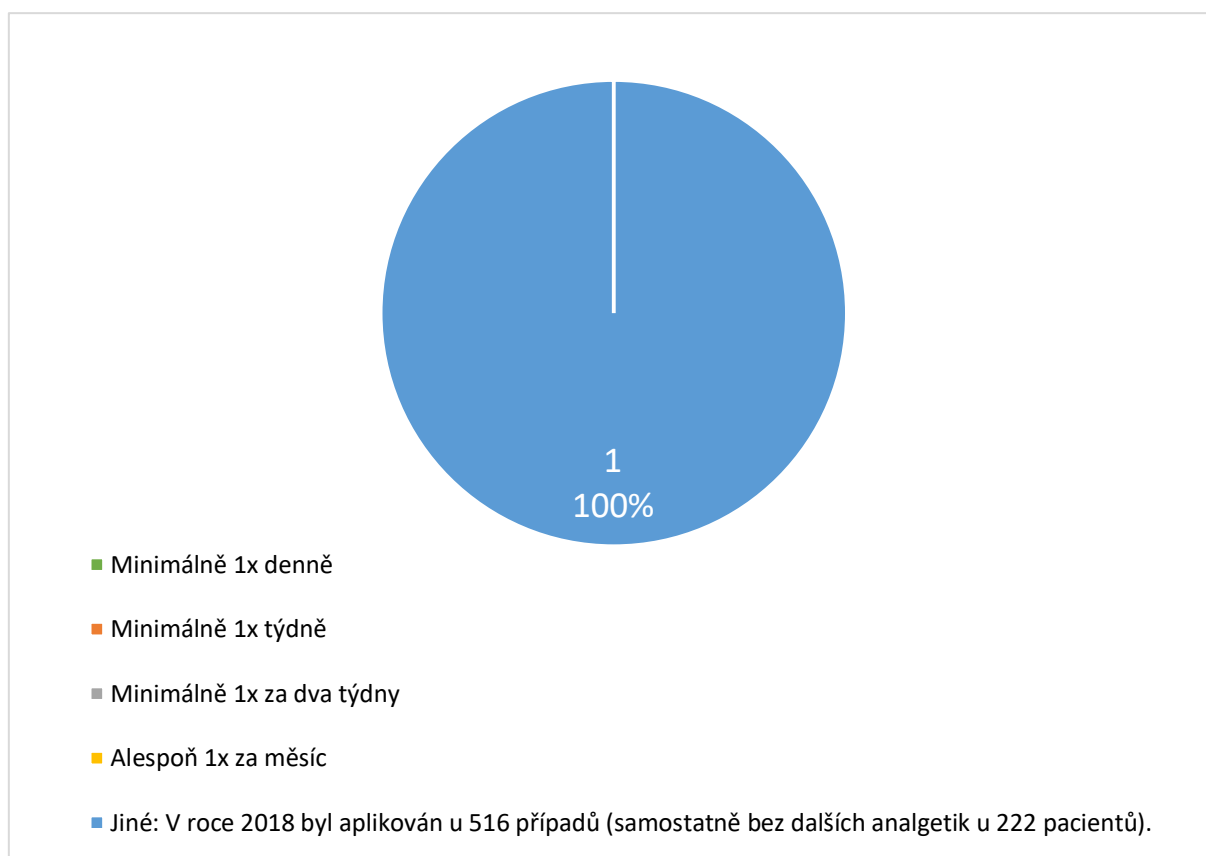
### Otázka č. 13: Jak přibližně často je pracovníky Vašeho zařízení oxid dusný podáván?

Tabulka 12 Přibližná častost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení

Zdravotnická záchraná služba	Přibližná častost používání N <sub>2</sub> O
Hlavního města Prahy	Jiné: V roce 2018 byl aplikován u 516 případů (samostatně bez dalších analgetik u 222 pacientů).

Zdroj: vlastní, otázka č. 13 – dotazník pro ZZS

Graf 12 Přibližná častost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení



Zdroj: vlastní, otázka č. 13 – dotazník pro ZZS

V předposlední 13. otázce z dotazníku pro zdravotnické záchrané služby mohl respondent určit orientační častost používání pomocí nabídnutých odpovědí typu: Minimálně 1x denně, 1x týdně, 1x za dva týdny či alespoň 1x za měsíc. K dispozici bylo znovu i pole umožňující „jiné“ pro vlastní odpověď, přičemž respondent této možnosti využil. Odpověď respondenta Zdravotnické záchrané služby Hlavního města Prahy podkřývá velmi zajímavou statistiku reálného využívání Entonoxu na poli přednemocniční neodkladné péče v jejich zařízení. Odpověď říká, že v roce 2018 byl Entonox aplikován u 516 případů a přidává další údaj související nepřímo s otázkou číslo 9 a to, že byl podán u 222 pacientů samostatně bez dalších analgetik.

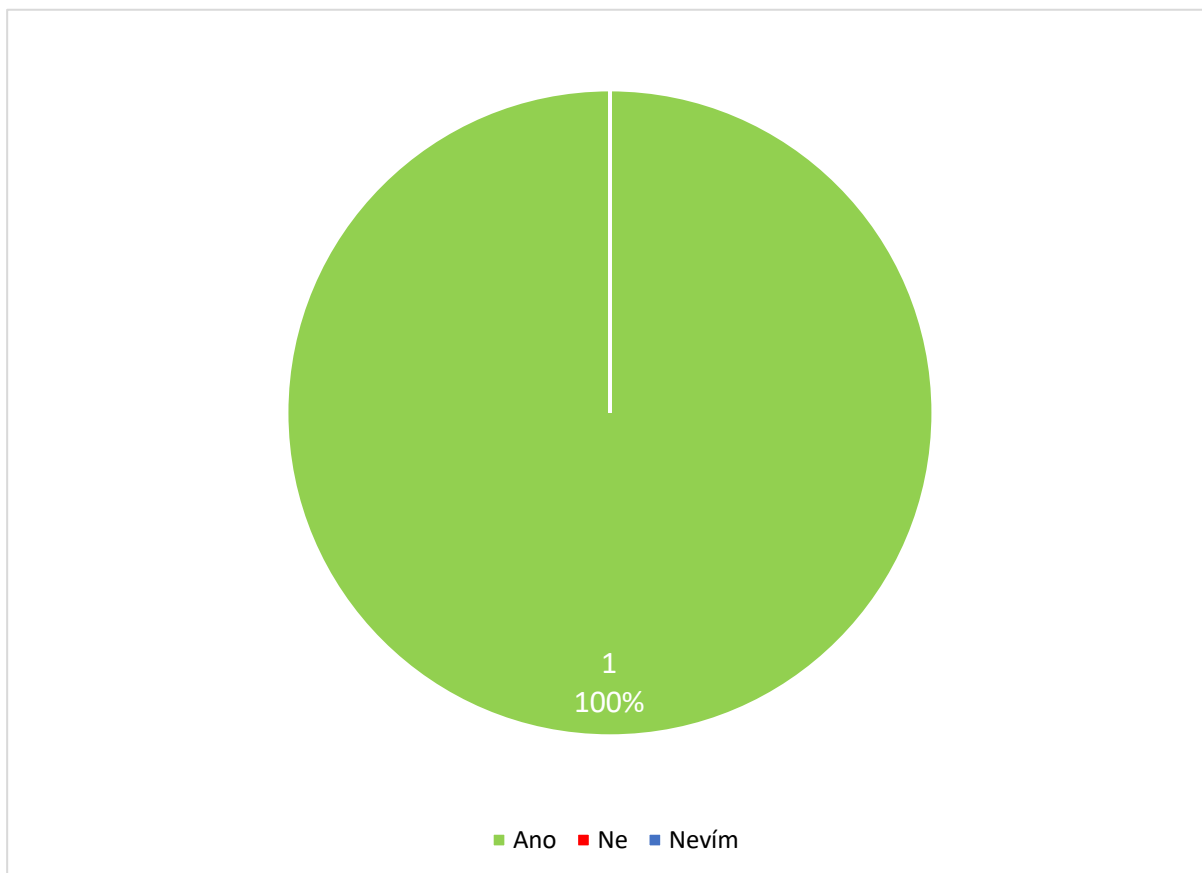
**Otázka č. 14: Máte ve Vašem zdravotnickém zařízení na aplikaci oxidu dusného vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis?**

**Tabulka 13 Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci N<sub>2</sub>O ve zdravotnickém zařízení**

Zdravotnická záchranná služba	Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis
Hlavního města Prahy	ANO

*Zdroj: vlastní, otázka č. 14 – dotazník pro ZZS*

**Graf 13 Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci N<sub>2</sub>O ve zdravotnickém zařízení**



*Zdroj: vlastní, otázka č. 14 – dotazník pro ZZS*

Poslední 14. otázka z dotazníkového šetření pro zdravotnické záchranné služby se dotazuje na skutečnost, zdali zdravotnické zařízení má nebo nemá na aplikaci oxidu dusného vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis. Spektrum odpovědí bylo v tomto případě obligátní (Ano/Ne/Nevím). Respondent odpovědí potvrzuje přítomnost metodického pokynu či vnitřního předpisu na ZZS HmP.

## 7.2 Výsledná data z urgentních příjmů

Otázka č. 1: Z jakého zdravotnického zařízení jste?

Mapa 2 Mapa České republiky rozdělená na kraje se zvýrazněním používáním oxidu dusného v jednotlivých krajských, fakultních a velkých pražských nemocnicích



Zdroj: <https://www.meteo-pocasi.cz/maps/cz/>, otázka 1, 2 – dotazník pro UP

Otázka číslo jedna se dotazuje na příslušnost k urgentnímu příjmu nemocnice (krajské, fakultní či pražské), přičemž se podařilo získat odpověď od 13 urgentních příjmů. Následující mapa v sobě obsahuje nepřímo odpověď jak na otázku příslušnosti k zdravotnickému zařízení, tak i k druhé otázce zabývající se stěžejním zjištěním o používání či nepoužívání oxidu dusného. Tyto informace byly seskupeny

pro lepší přehlednost do mapy s popisky viz Mapa 2. Data byla sesbírána pouze od 13 nemocnic, ale na mapě je vyznačeno 15 nemocnic. Důvodem je skutečnost, že Pardubická nemocnice zatím nemá urgentní příjem a pověřený pracovník v Českobudějovické nemocnici opakovaně nereagoval na kontaktování. I přesto jsou v rámci mapy pro celistvost zahrnuty.

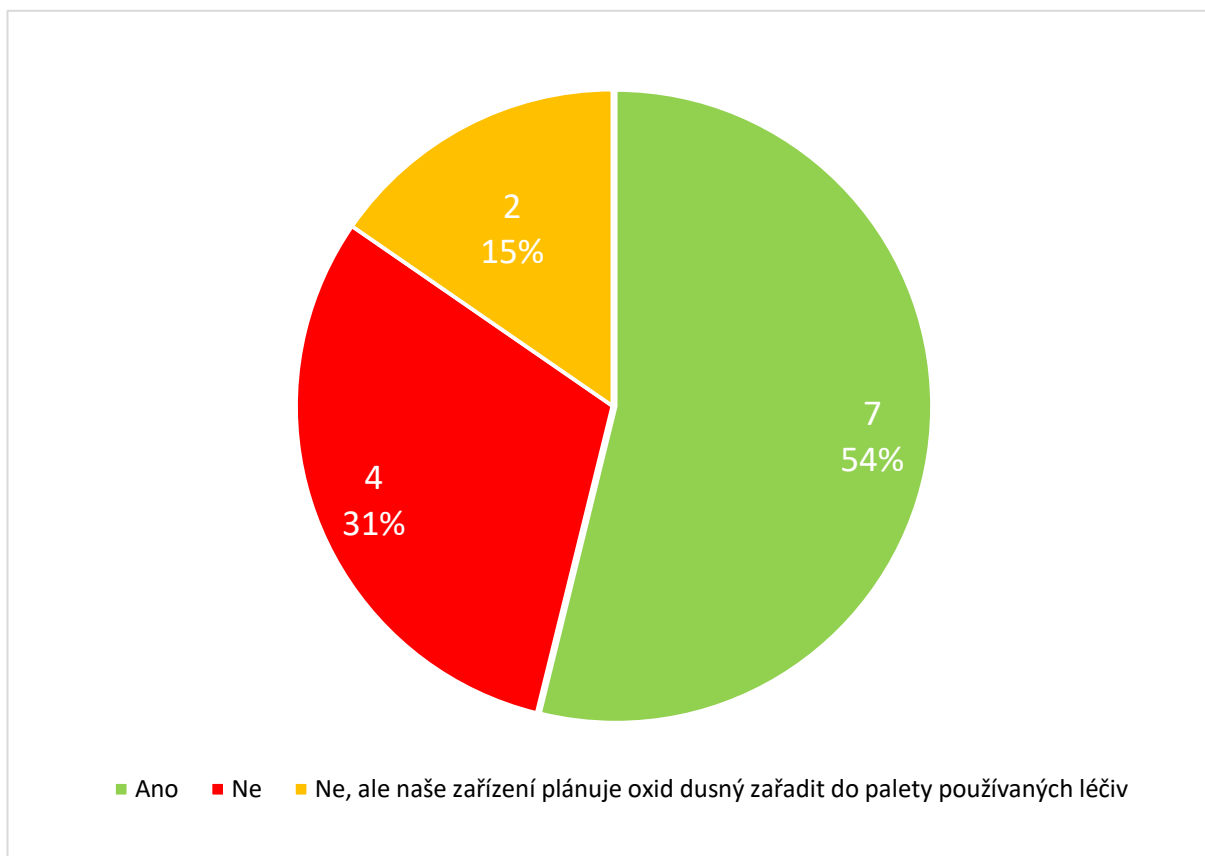
**Otázka č. 2: Je oxid dusný používán ve Vašem zdravotnickém zařízení?**

**Tabulka 14 Četnost používání oxidu dusného na vybraných urgentních příjmech v ČR**

Vybraný urgentní příjem		Používání
1	Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem	Nepoužívá
2	Krajská nemocnice Liberec	Používá
3	Fakultní nemocnice Hradec Králové	Nepoužívá
4	Fakultní nemocnice Olomouc	Používá
5	Fakultní nemocnice Ostrava	Používá
6	Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	Používá
7	Fakultní nemocnice Brno	Používá
8	Nemocnice Jihlava	Používá
9	Fakultní nemocnice Plzeň	Nepoužívá, ale plánuje zařadit
10	Karlovarská krajská nemocnice	Nepoužívá
11	Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	Používá
12	Thomayerova nemocnice (Praha)	Nepoužívá, ale plánuje zařadit
13	Fakultní nemocnice v Motole (Praha)	Nepoužívá
Zařízení okrajově zahrnutá pro celistvost výzkumu		
(14)	Pardubická nemocnice	Není zřízen urgentní příjem
(15)	Nemocnice České Budějovice	Neodpovídá

*Zdroj: vlastní, otázka č. 2 – dotazník pro UP*

**Graf 14 Četnost používání oxidu dusného na vybraných urgentních příjmech v ČR**



*Zdroj: vlastní, otázka č. 2 – dotazník pro UP*

Pro přesnost a přehlednost je zde přiloženo k druhé otázce ještě grafické a tabulkové znázornění četnosti používání oxidu dusného na vybraných urgentních příjmech v České republice. Na výběr dostali respondenti kromě obligátních možností (používá vs. nepoužívá) též možnost „Nepoužívá, ale naše zařízení plánuje oxid dusný zařadit do palety používaných léčiv“. Zmíněná možnost vyjadřuje potenciální zařízení, která by v budoucnu mohla oxid dusný reálně používat, ale v přítomnosti tomu tak ještě není. Dle grafu 14 je názorně vyjádřen poměr zařízení používajících oxid dusný (7 = 54 %), zařízení oxid dusný plánující zařadit do palety léčiv (2 = 15 %) a zařízení oxid dusný nevyužívajících (4 = 31 %), viz Tabulka 14. Současně druhá otázka byla v dotazníku selekčním bodem, kdy elektronický dotazník (Google forms) vyřadí respondenty s odpovědí: „Nepoužívá“ a „Nepoužívá, ale naše zařízení plánuje oxid dusný zařadit do palety používaných léčiv“ a odkáže je na konec dotazníku, kde dotazník odešlou. Doplňujících 12 otázek vyplňují pouze respondenti, kteří zaškrtnli v druhé otázce možnost „Používá“, což byla v případě urgentních příjmů 7 zdravotnických zařízení (viz tabulka č. 14).

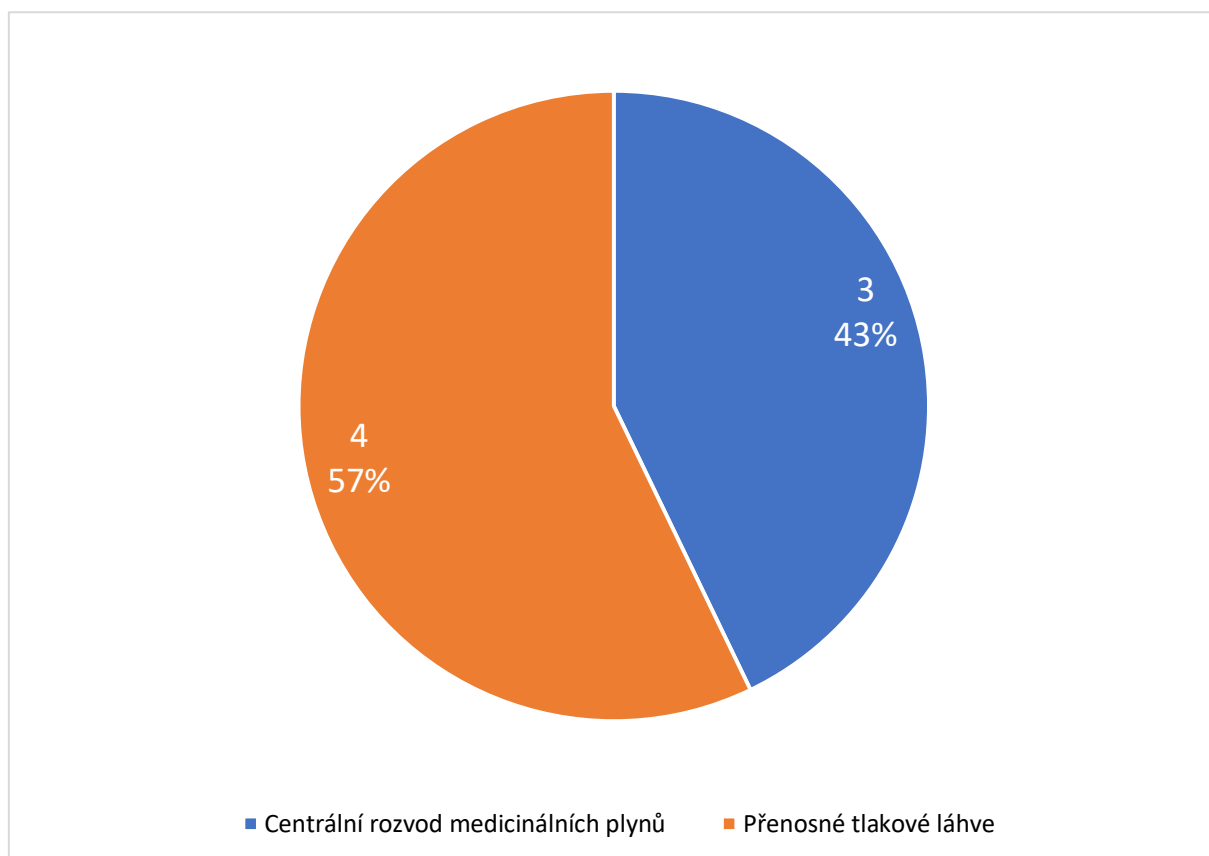
### Otázka č. 3: Jaký typ uchování oxidu dusného je ve Vašem zařízení preferován?

Tabulka 15 Typ uchování oxidu dusného preferovaný v zařízení

Vybraný urgentní příjem	Preferovaný typ uchování N <sub>2</sub> O
Krajská nemocnice Liberec	Přenosné tlakové láhve
Fakultní nemocnice Olomouc	Centrální rozvod medicijnálních plynů
Fakultní nemocnice Ostrava	Přenosné tlakové láhve
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	Centrální rozvod medicijnálních plynů
Fakultní nemocnice Brno	Přenosné tlakové láhve
Nemocnice Jihlava	Centrální rozvod medicijnálních plynů
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	Přenosné tlakové láhve

Zdroj: vlastní, otázka č. 3 – dotazník pro UP

Graf 15 Typ uchování oxidu dusného preferovaný v zařízení



Zdroj: vlastní, otázka č. 3 – dotazník pro UP

Na třetí otázku v pořadí již odpovídalo pouze 7 respondentů. Tato otázka je specifická pro prostředí nemocnic a jejich urgentních příjmů a v dotazníku pro ZZS zcela chybí. Možnosti záznamu byly dvě: 1. Centrální rozvod medicijnálních plynů, 2. Přenosné tlakové láhve. V grafu 15 je zjevný

poměr (4 přenosné láhve vs. 3 centrální rozvod), přičemž konkrétní typ uchování každého z odpovídajících urgentních příjmu je v příložené tabulce (viz tabulka 15).



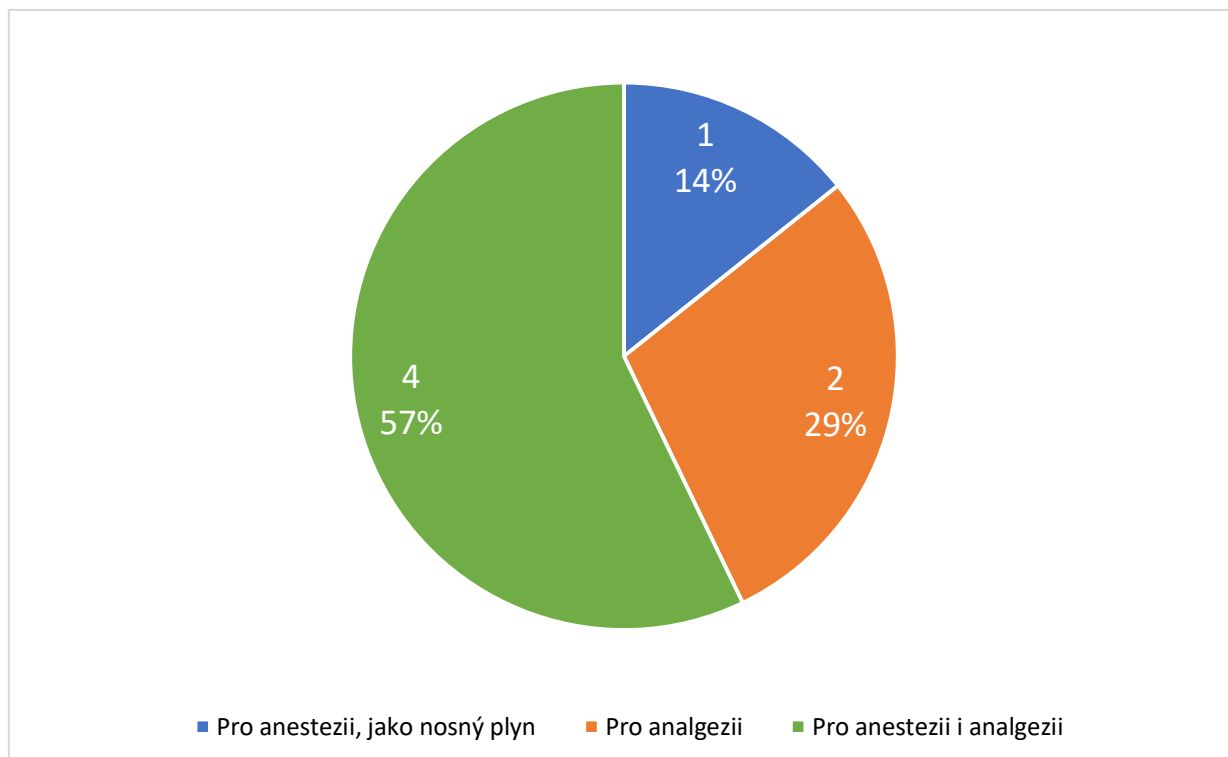
#### Otázka č. 4: Pro jaký účel oxid dusný podáváte?

Tabulka 16 Účel použití oxidu dusného

Vybraný urgentní příjem	Účel použití oxidu dusného
Krajská nemocnice Liberec	Pro anestezii i analgezií
Fakultní nemocnice Olomouc	Pro anestezii, jako nosný plyn
Fakultní nemocnice Ostrava	Pro anestezii i analgezií
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	Pro anestezii i analgezií
Fakultní nemocnice Brno	Pro analgezií
Nemocnice Jihlava	Pro anestezii i analgezií
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	Pro analgezií

Zdroj: vlastní, otázka č. 4 – dotazník pro UP

Graf 16 Účel použití oxidu dusného



Zdroj: vlastní, otázka č. 4 – dotazník pro UP

Další čtvrtou otázkou byli respondenti dotazováni, za jakým účelem oxid dusný používají. Dle možností použití oxidu dusného jsou tedy k dispozici odpovědi odkazující se na jeho analgetický či částečný anestetický účinek (Pro analgezií vs. Pro anestezii vs. Pro anestezii i analgezií). Zde přichází bod, kde se ukazuje, jaký efekt oxidu dusného je pravděpodobně v prostředí dotazovaných urgentních příjmů nejdůležitější. Výsledek je takový, že čtyři (57 %) ze sedmi (100 %) používají oxid dusný k analgezií

i anestezii, pouze k analgezií používají  $N_2O$  dva (29 %) ze sedmi a použití výhradně pro anestezii preferuje jeden (14 %) ze sedmi (viz Graf 16). V doplňující tabulce je možné pozorovat konkrétní přiřazení urgentního příjmu k odpovědi (viz Tabulka 16).

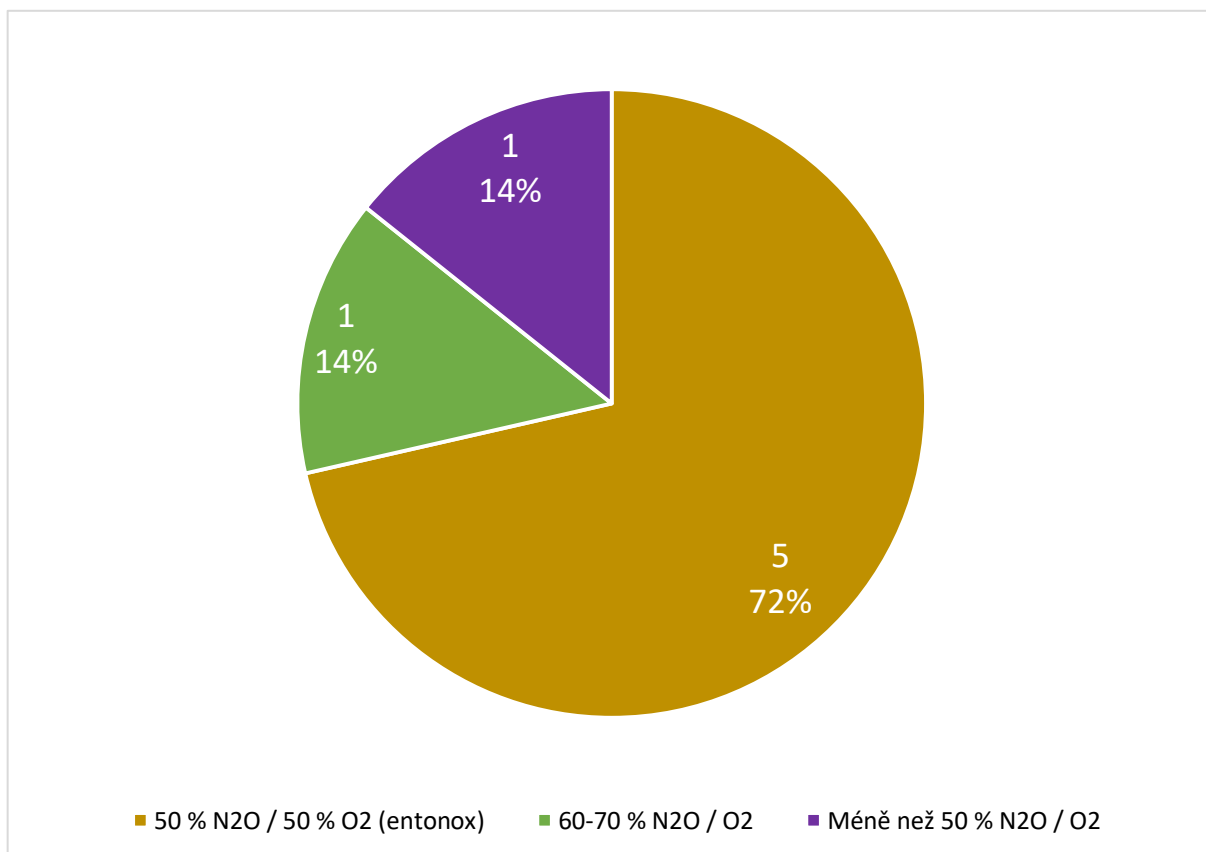
### Otázka č. 5: V jaké koncentraci oxid dusný podáváte?

Tabulka 17 Používaná koncentrace oxidu dusného

Vybraný urgentní příjem	Koncentrace oxidu dusného při podávání
Krajská nemocnice Liberec	50 % N <sub>2</sub> O / 50 % O <sub>2</sub> (Entonox)
Fakultní nemocnice Olomouc	Méně než 50 % N <sub>2</sub> O / O <sub>2</sub>
Fakultní nemocnice Ostrava	50 % N <sub>2</sub> O / 50 % O <sub>2</sub> (Entonox)
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	60-70 % N <sub>2</sub> O / O <sub>2</sub>
Fakultní nemocnice Brno	50 % N <sub>2</sub> O / 50 % O <sub>2</sub> (Entonox)
Nemocnice Jihlava	50 % N <sub>2</sub> O / 50 % O <sub>2</sub> (Entonox)
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	50 % N <sub>2</sub> O / 50 % O <sub>2</sub> (Entonox)

Zdroj: vlastní, otázka č. 5 – dotazník pro UP

Graf 17 Používaná koncentrace oxidu dusného



Zdroj: vlastní, otázka č. 5 – dotazník pro UP

U otázky páté bylo k výběru odpovědi nabízející koncentraci N<sub>2</sub>O menší než 50 % / O<sub>2</sub>, koncentraci 50 % N<sub>2</sub>O / 50 % O<sub>2</sub> (Entonox) nebo koncentraci 60-70 % / O<sub>2</sub>. Výsledný graf (viz Graf 16) ukazuje, že se ve většině (5 = 72 %) případech používá premix 50 % N<sub>2</sub>O a 50 % O<sub>2</sub>, který je určen k analgezii, popřípadě k lehké sedaci. Po jednom záznamu pak mají zbývající dvě odpovědi (viz Tabulka 17).

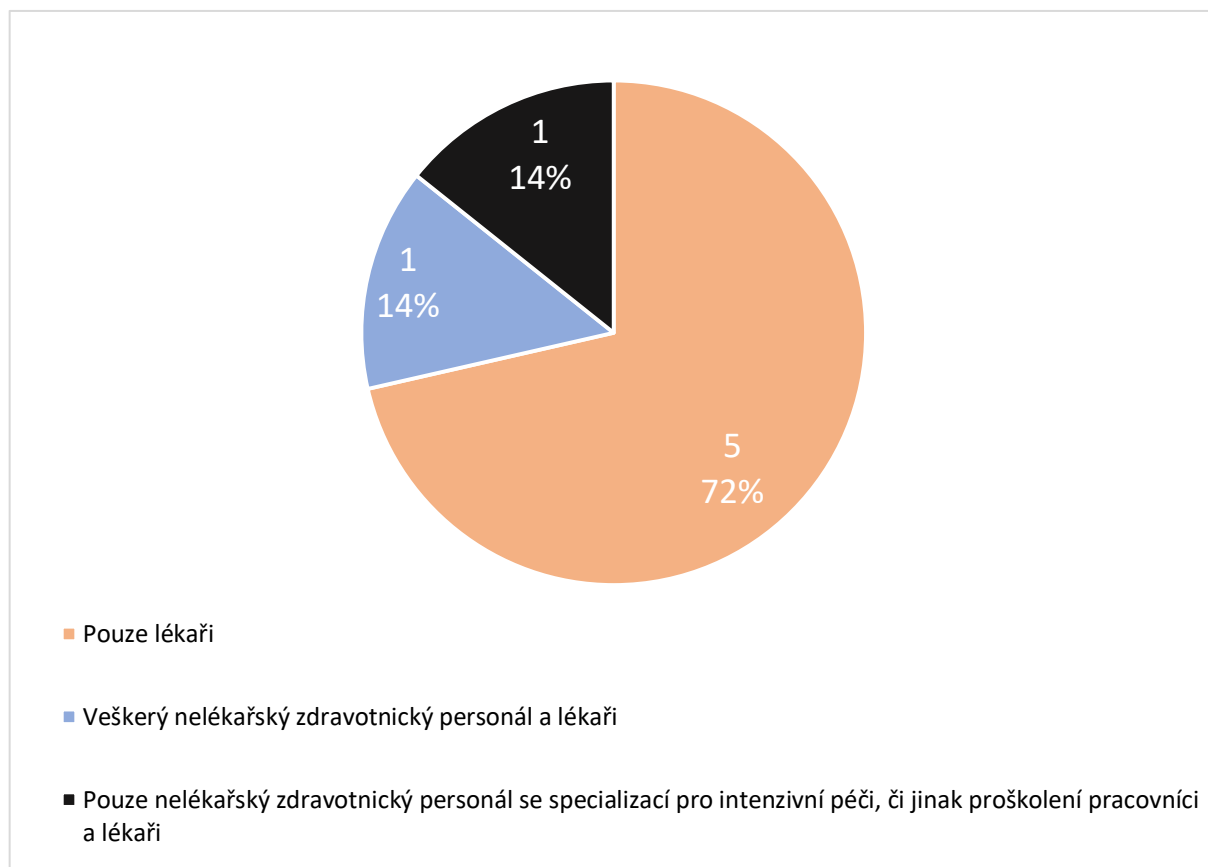
**Otázka č. 6: Která pozice zdravotnického pracovníka má kompetenci oxid dusný podávat?**

**Tabulka 18** Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat

Vybraný urgentní příjem	Pozice zdravotnického pracovníka kompetentního podávat N <sub>2</sub> O
Krajská nemocnice Liberec	Pouze lékaři
Fakultní nemocnice Olomouc	Pouze lékaři
Fakultní nemocnice Ostrava	Pouze lékaři
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	Pouze lékaři
Fakultní nemocnice Brno	Pouze lékaři
Nemocnice Jihlava	Pouze nelékařský zdravotnický personál se specializací pro intenzivní péči, či jinak proškolení pracovníci a lékaři
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	Veškerý nelékařský zdravotnický personál a lékaři

Zdroj: vlastní, otázka č. 6 – dotazník pro UP

**Graf 18** Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat



Zdroj: vlastní, otázka č. 6 – dotazník pro UP

V oblasti vymezení kompetencí pro podávání oxidu dusného byly dotazníkem na šestou otázku nabídnuty tři možná nastavení. Konkrétní možnosti odpovědí byly: 1. Pouze lékaři, 2. Veškerý nelékařský zdravotnický personál a lékaři, 3. Pouze nelékařský zdravotnický personál se specializací pro intenzivní péči, či jinak proškolení pracovníci a lékaři. Jak se ukázalo, tak tuto agendu mohou provádět majoritně pouze lékaři (5 = 68 %), přičemž po jednom zdravotnickém zařízení čítají zbylé dvě odpovědi. Konkrétní odpovědi jednotlivých zařízení (viz Tabulka 18).

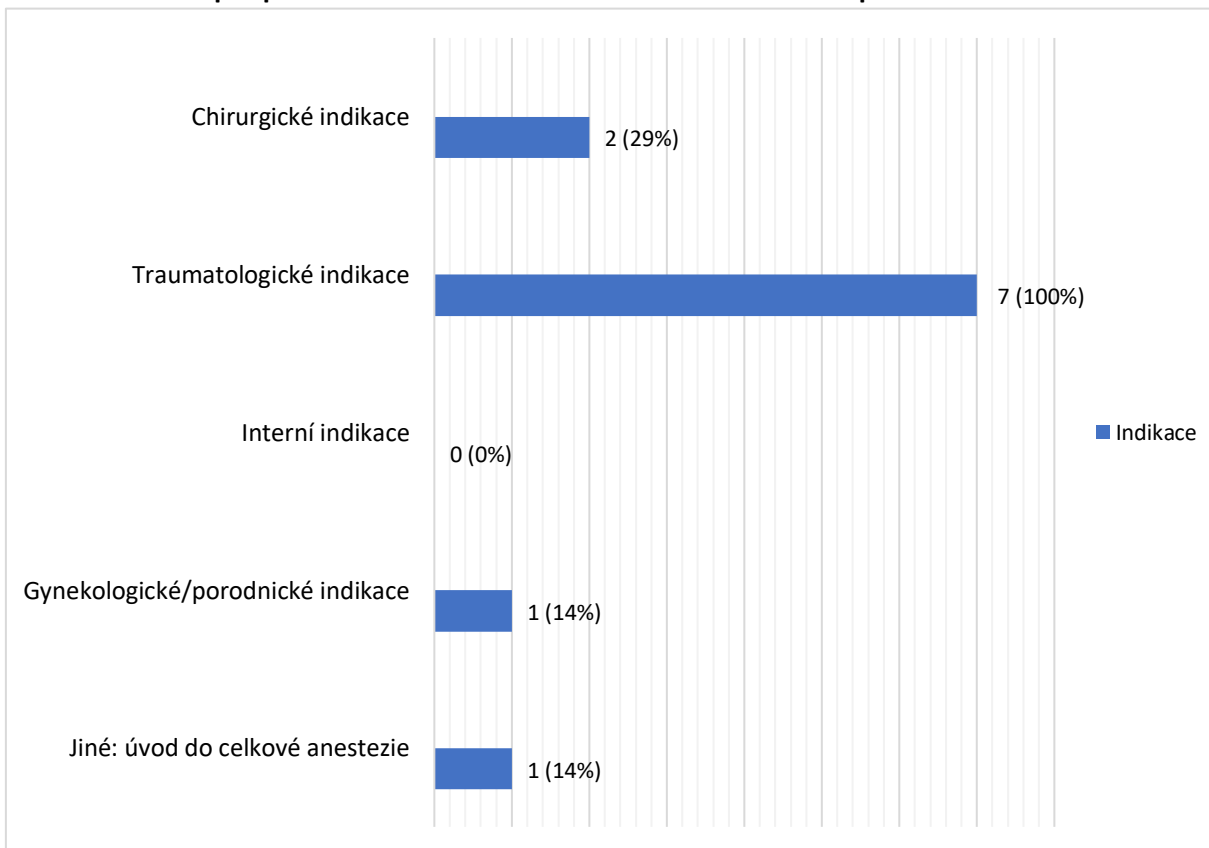
**Otázka č. 7: V jakých nejčastějších indikacích používáte oxid dusný?**

**Tabulka 19 Indikace pro použití oxidu dusného v nemocniční neodkladné péči**

Vybraný urgentní příjem	Indikace				
	Chirurgické	Traumatologické	Interní	Gynekologicko/porodnické	Jiné:
Krajská nemocnice Liberec	ANO	ANO			
Fakultní nemocnice Olomouc	ANO	ANO			úvod do celkové anestezie
Fakultní nemocnice Ostrava		ANO		ANO	
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně		ANO			
Fakultní nemocnice Brno		ANO			
Nemocnice Jihlava		ANO			
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)		ANO			

Zdroj: vlastní, otázka č. 7 – dotazník pro UP

**Graf 19 Indikace pro použití oxidu dusného v nemocniční neodkladné péči**



Zdroj: vlastní, otázka č. 7 – dotazník pro UP

Otázka číslo 7 mapující indikace použití v nemocniční neodkladné péči mohla být vícečetně vyplněna. Všichni respondenti uvádí z výběru traumatologickou indikaci (7 = 100 %), druhá indikace s nejvyšším počtem označení je chirurgická (2 = 29 %), gynekologicko-porodnická a jiné pak po jednom (1 = 14 %). Interní indikaci nikdo z respondentů neoznačil. Do možnosti jiné bylo označena jako indikace: „Úvod do celkové anestezie“ viz Graf 19 a Tabulka 19.

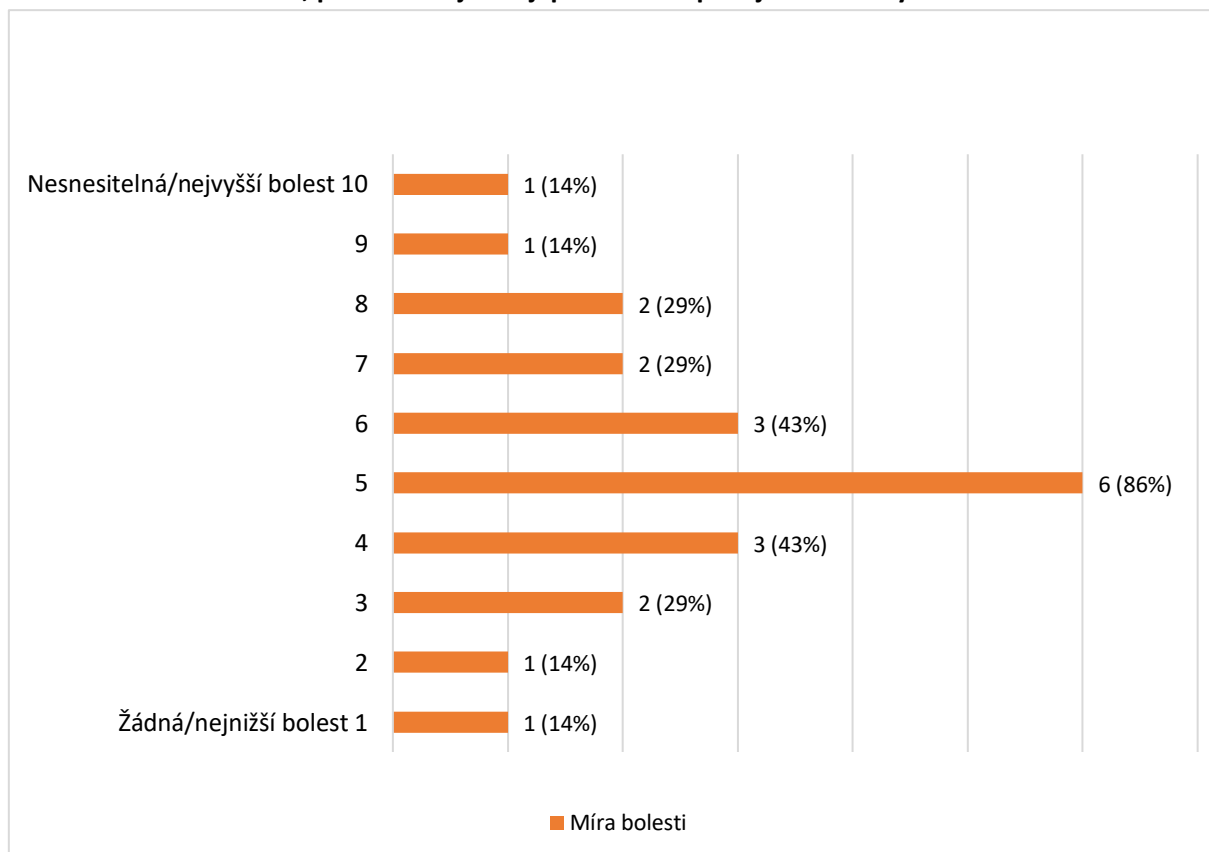
**Otázka č. 8: K jaké intenzitě bolesti nejčastěji pracovníci vašeho zařízení aplikují oxid dusný?**

**Tabulka 20 Intenzita bolesti při, které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný**

Vybraný urgentní příjem	Míra bolesti									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Krajská nemocnice Liberec			ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Fakultní nemocnice Olomouc					ANO					
Fakultní nemocnice Ostrava				ANO	ANO	ANO				
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně					ANO					
Fakultní nemocnice Brno					ANO					
Nemocnice Jihlava								ANO		
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO			

Zdroj: vlastní, otázka č. 8 – dotazník pro UP

**Graf 20 Intenzita bolesti, při které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný**



Zdroj: vlastní, otázka č. 8 – dotazník pro UP



Otázka číslo 8 cílí již na specifický efekt oxidu dusného, kterým je jeho analgetická schopnost. Otázka je koncipovaná, tak aby respondent mohl označit z vizuální analogové škály bolesti takové hodnoty, které odpovídají míře bolesti, kterou obvykle pacient pociťuje před tím, než je mu indikován oxid dusný. Vizuální analogová škála bolesti je uspořádána na číselné stupnici od jedné do desíti, kdy 1 je žádná či nejnižší bolest a 10 je nesnesitelná či nejvyšší pocítená bolest. Jedině touto metodou lze kvantifikovat subjektivní a individuální práh či pociťování bolesti každého pacienta. Nejčastěji označili respondenti hodnotu bolesti 6 (5 = 86 %), ostatní hodnoty bolesti viz Graf 20 a Tabulka 20.

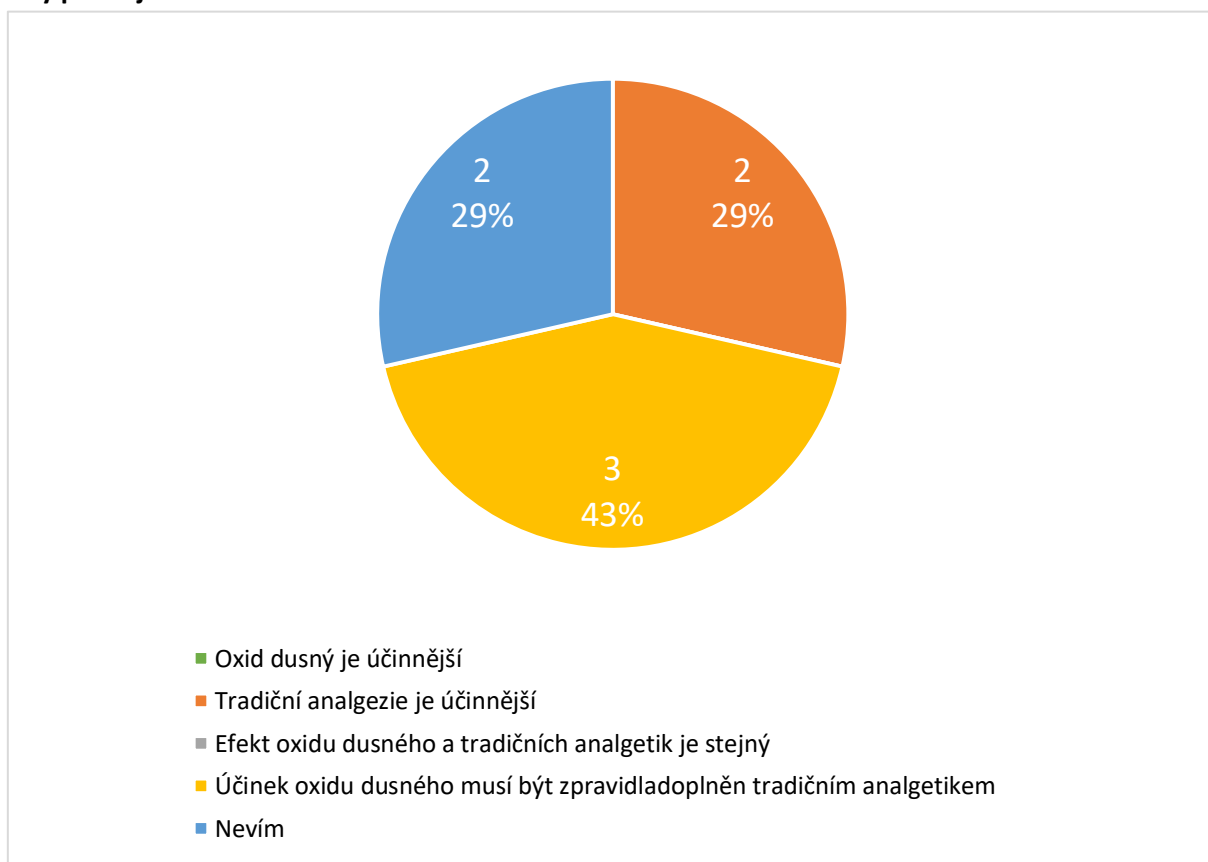
**Otázka č. 9: S přihlédnutím na Vámi zvolenou intenzitu bolesti v minulé otázce porovnejte účinek oxidu dusného při dané bolesti s tradičními analgetiky při stejné bolesti?**

**Tabulka 21 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti**

Vybraný urgentní příjem	Porovnání účinku oxidu dusného
Krajská nemocnice Liberec	Tradiční analgezie je účinnější
Fakultní nemocnice Olomouc	Účinek N <sub>2</sub> O musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem
Fakultní nemocnice Ostrava	Účinek N <sub>2</sub> O musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	Nevím
Fakultní nemocnice Brno	Tradiční analgezie je účinnější
Nemocnice Jihlava	Účinek N <sub>2</sub> O musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem
Ústřední vojenská nemocnice	Nevím

*Zdroj: vlastní, otázka č. 9 – dotazník pro UP*

**Graf 21 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti**



*Zdroj: vlastní, otázka č. 9 – dotazník pro UP*

Otázka číslo 9 je navázána na předešlou otázku č. 8. Cílem této otázky je zjistit, jak si podle urgentního příjmu oxid dusný stojí se svým analgetickým účinkem v porovnání s běžně používanými tradičními analgetiky. Respondent vybíral z pěti možných odpovědí: 1. Oxid dusný je účinnější, 2. Tradiční analgezie je účinnější, 3. Efekt oxidu dusného a tradičních analgetik je stejný, 4. Účinek oxidu dusného musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem, 5. Nevím. Nejčastěji označovaná odpověď (3 = 43 %) byla: „Účinek oxidu dusného musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem“. Stejně odpovědní zastoupení (2 = 29 %) poté měly odpovědi: „Tradiční analgezie je účinnější“ a „Nevím“. Možnost, že je oxid účinnější neoznačil nikdo, viz Graf 21 a Tabulka 21.

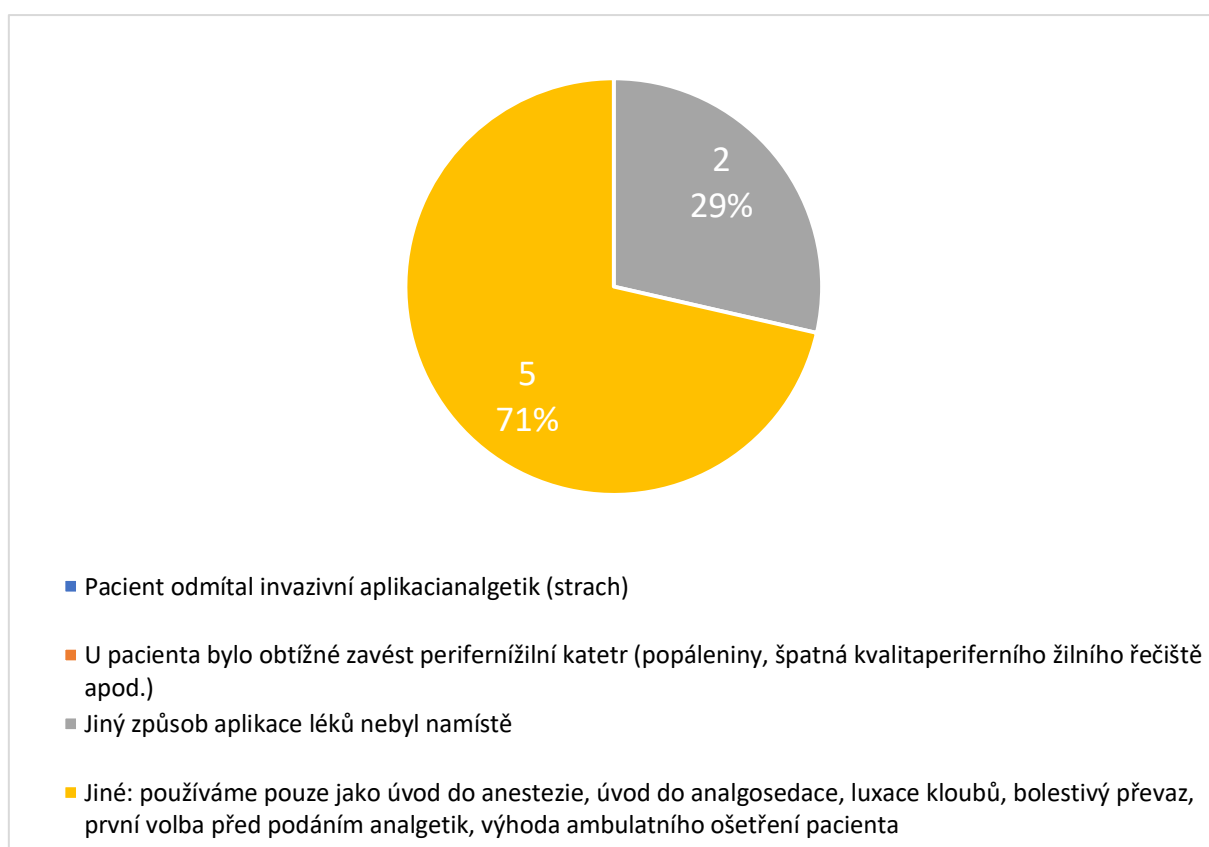
**Otázka č. 10: Jaký je hlavní důvod pro podání oxidu dusného vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání?**

**Tabulka 22 Hlavní důvod pro podání N<sub>2</sub>O vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání**

Vybraný urgentní příjem	Hlavní důvod pro podání N <sub>2</sub> O vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání
Krajská nemocnice Liberec	Jiné: Luxace kloubů, bolestivý převaz
Fakultní nemocnice Olomouc	Jiné: Používáme pouze jako úvod do anestezie
Fakultní nemocnice Ostrava	Jiný způsob aplikace léků nebyl namístě
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	Jiné: Úvod do analgosedace
Fakultní nemocnice Brno	Jiný způsob aplikace léků nebyl namístě
Nemocnice Jihlava	Jiné: Výhoda ambulantního ošetření pacienta
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	Jiné: První volba před podáním analgetik

Zdroj: vlastní, otázka č. 10 -dotazník pro UP

**Graf 22 Hlavní důvod pro podání N<sub>2</sub>O vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání**



Zdroj: vlastní, otázka č. 10 -dotazník pro UP

Tato otázka se zabírala hlavními důvody pro používání vyplývajícími z charakteristického podávání oxidu dusného jako medicínálního plynu. Na výběr bylo možné zaznamenat odpovědi:

Pacient odmítal invazivní aplikaci analgetik (strach), u pacienta bylo obtížné zavést periferní žilní katetr (popáleniny, špatná kvalita periferního žilního řečiště apod.), jiný způsob aplikace léků nebyl namístě. Dále bylo k dispozici i pole pro vlastní odpověď. Respondenti ve dvou případech (2 = 29 %) označili odpověď říkající, že jiný způsob aplikace léků nebyl na místě. Ostatní odpovídající využili volné pole „Jiné“ pro dopsání své odpovědi, viz Graf 22, Tabulka 22.

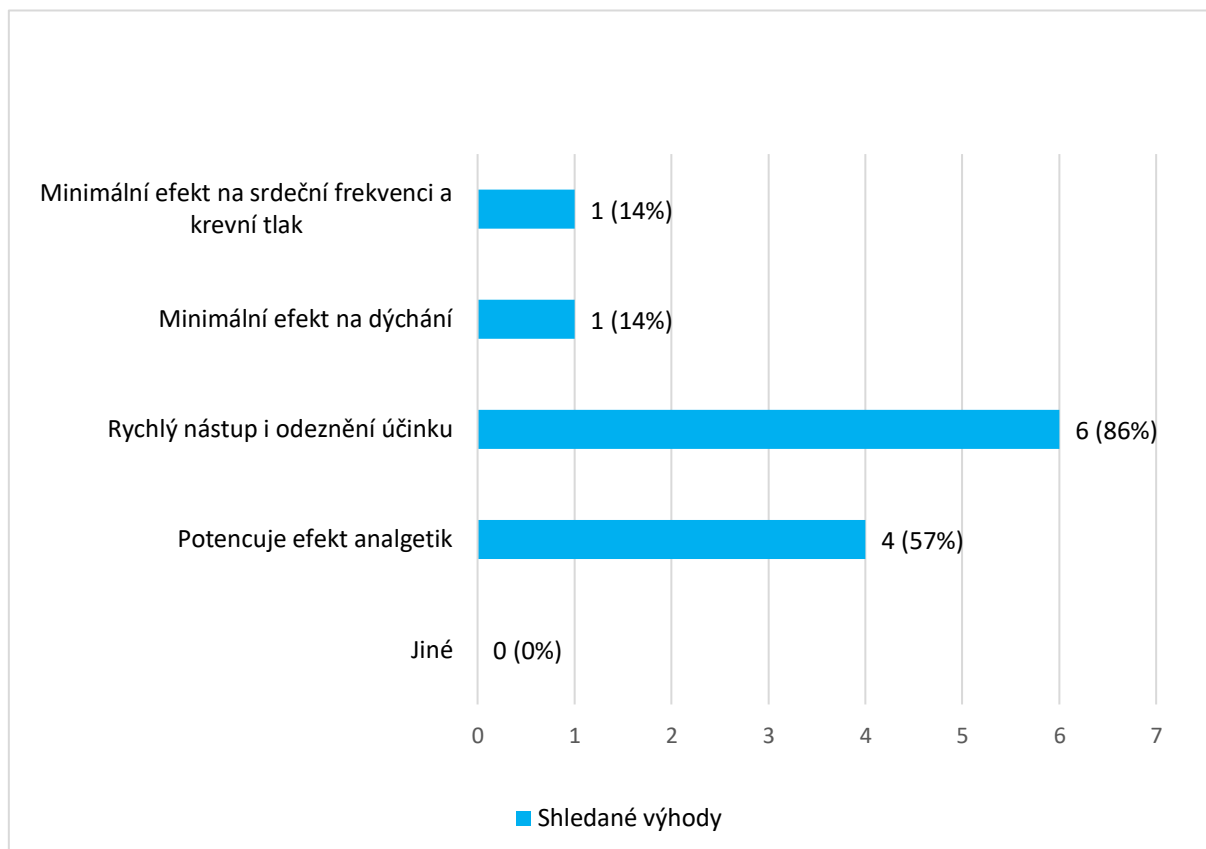
**Otázka č. 11: Jaké výhody shledáváte na použití oxidu dusného?**

**Tabulka 23 Výhody shledávané na použití oxidu dusného**

Vybraný urgentní příjem	Výhody shledávané na použití N <sub>2</sub> O				
	Minimální efekt na		Rychlý nástup i odeznění účinku	Potencuj efekt analgetik	Jiné:
	srdeční frekvenci a krevní tlak	dýchání			
Krajská nemocnice Liberec	ANO	ANO	ANO	ANO	
Fakultní nemocnice Olomouc			ANO		
Fakultní nemocnice Ostrava			ANO	ANO	
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně			ANO	ANO	
Fakultní nemocnice Brno				ANO	
Nemocnice Jihlava			ANO		
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)			ANO		

Zdroj: vlastní, otázka č. 11 – dotazník pro UP

**Graf 23 Výhody sledované v použití oxidu dusného**



Zdroj: vlastní, otázka č. 11 – dotazník pro UP

Jedenáctá otázka se zabírala oblastí výhod sledovaných na používání oxidu dusného. Tato otázka umožňovala respondentovi zaznamenat více odpovědí nebo doplnit svojí ve vyhrazeném poli „Jiné“. Odpovědi byly zvoleny podle obecně známých farmakologických vlastností, které považujeme pro organismus a medicínské použití za pozitivní. Odpovědi zahrnovali možnost označit čtyři uvedené výhody: Minimální efekt na srdeční frekvenci a krevní tlak, minimální efekt na dýchání, rychlý nástup a odeznění účinku, potencuje efekt analgetik. Nejčastěji zaznamenaná odpovědi byly: Rychlý nástup a odeznění účinku (6 = 86 %), potencuje efekt analgetik (4 = 57 %) přičemž ostatní možnosti jsou zaškrtnuty jedním respondentem (viz Graf 23, Tabulka 23).

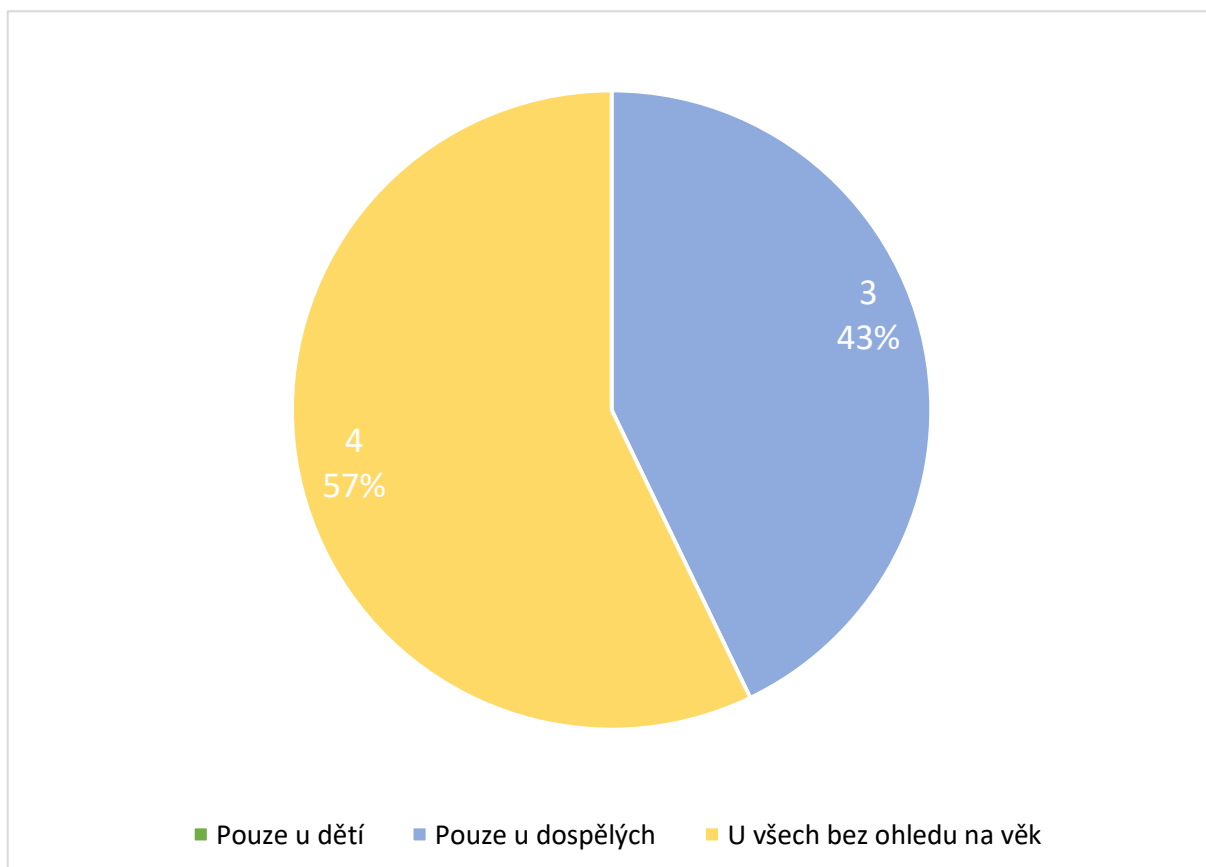
**Otázka č. 12: U jakých indikovaných pacientů vzhledem k věku oxid dusný podáváte?**

**Tabulka 24 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku**

Vybraný urgentní příjem	Indikovaní pacienti vzhledem k věku
Krajská nemocnice Liberec	Pouze u dospělých
Fakultní nemocnice Olomouc	U všech bez ohledu na věk
Fakultní nemocnice Ostrava	U všech bez ohledu na věk
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	U všech bez ohledu na věk
Fakultní nemocnice Brno	Pouze u dospělých
Nemocnice Jihlava	U všech bez ohledu na věk
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	Pouze u dospělých

Zdroj: vlastní, otázka č. 12 – dotazník pro UP

**Graf 24 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku**



Zdroj: vlastní, otázka č. 12 – dotazník pro UP

V pořadí 12. otázka zjišťovala, je-li při používání N<sub>2</sub>O ve zdravotnickém zařízení nějaká vazba indikace na věk pacienta. Respondenti v se v této otázce téměř pólí mezi: o jeden hlas četnější, odpovědí (4 = 57 %): „U všech bez ohledu na věk“ a (3 = 43 %): „Pouze u dospělých“.



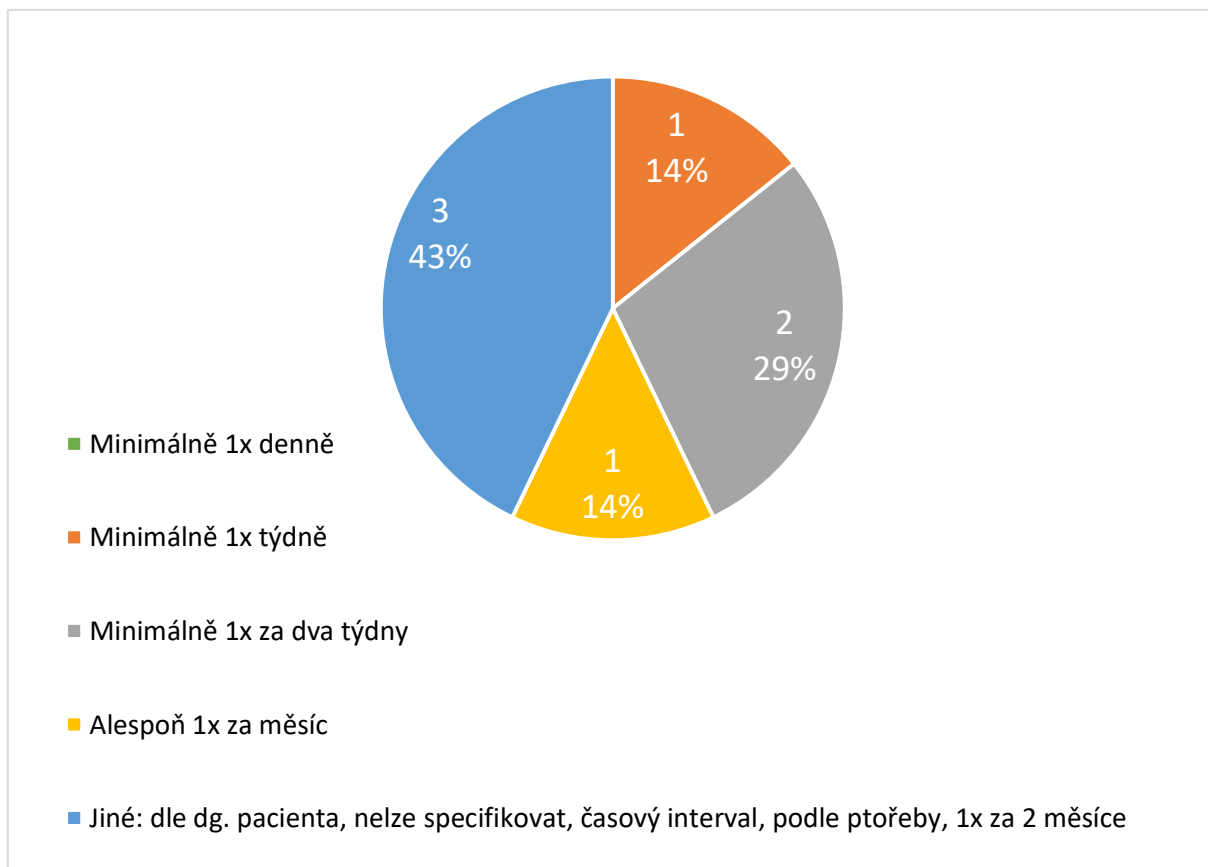
**Otázka č. 13: Jak přibližně často je pracovníky Vašeho zařízení oxid dusný podáván?**

**Tabulka 25 Přibližná častost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení**

Vybraný urgentní příjem	Přibližná častost podávání N <sub>2</sub> O
Krajská nemocnice Liberec	Minimálně 1x za dva týdny
Fakultní nemocnice Olomouc	Jiné: Dle dg. pacienta, nelze specifikovat časový interval
Fakultní nemocnice Ostrava	Minimálně 1x za dva týdny
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	Jiné: Podle potřeby
Fakultní nemocnice Brno	Jiné: 1x za 2 měsíce
Nemocnice Jihlava	Minimálně 1x týdně
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	Alespoň 1x za měsíc

Zdroj: vlastní, otázka č. 13 – dotazník pro UP

**Graf 25 Přibližná častost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení**



Zdroj: vlastní, otázka č. 13 – dotazník pro UP

U předposlední 13. otázky z dotazníku pro urgentní mohli respondenti orientačně označit častost používání N<sub>2</sub>O pomocí nabídnutých odpovědí: Minimálně 1x denně, 1x týdně, 1x za dva týdny či alespoň 1x za měsíc. K dispozici bylo znovu i pole umožňující vlastní odpověď, přičemž respondenti

této možnosti ve třech případech využili (3 = 43 %). Odpovědi v sekci jiné: dle dg. pacienta, nelze specifikovat časový interval, podle potřeby, 1x za 2 měsíce. Z nabídnutých odpovědí byly po jednom zastoupeny (1 = 14 %) : „Minimálně 1x týdně“ a „Alespoň 1x za měsíc“, přičemž dvě (2 = 29 %) odpovědi byly zaznamenány u možnosti: „Minimálně 1x za dva týdny“, viz Graf 25 a Tabulka 25.

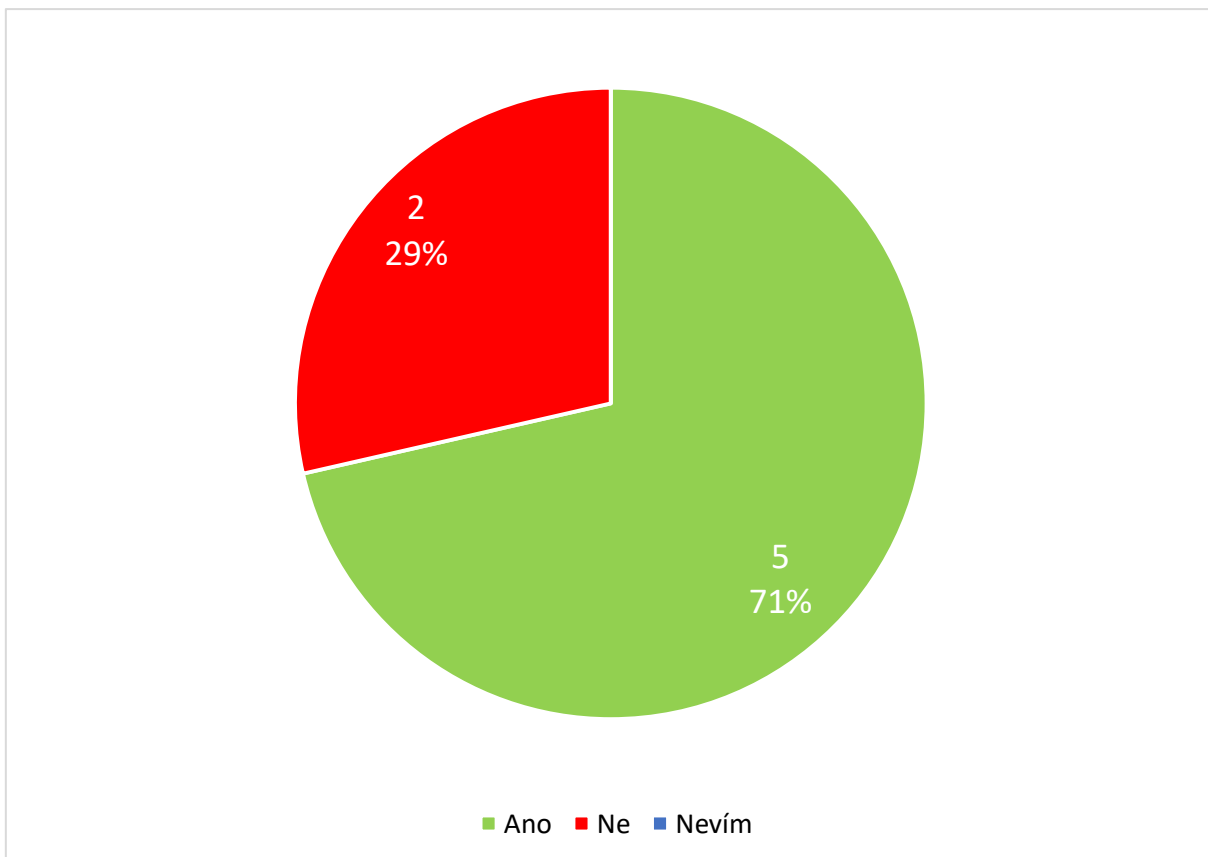
**Otázka č. 14: Máte ve Vašem zdravotnickém zařízení na aplikaci oxidu dusného vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis?**

**Tabulka 26** Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci N<sub>2</sub>O ve zdravotnickém zařízení

Vybraný urgentní příjem	Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis
Krajská nemocnice Liberec	ANO
Fakultní nemocnice Olomouc	NE
Fakultní nemocnice Ostrava	ANO
Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně	ANO
Fakultní nemocnice Brno	NE
Nemocnice Jihlava	ANO
Ústřední vojenská nemocnice (Praha)	ANO

*Zdroj: vlastní, otázka č. 14 - dotazník pro UP*

**Graf 26** Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci N<sub>2</sub>O ve zdravotnickém zařízení



*Zdroj: vlastní, otázka č. 14 -dotazník pro UP*

Poslední 14. otázka z dotazníkového šetření pro urgentní příjmy se dotazuje na skutečnost, zdali zdravotnické zařízení má nebo nemá na aplikaci oxidu dusného vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis. Spektrum odpovědí bylo v tomto případě obligátní (Ano/Ne/Nevím). Respondenti většinou (5 = 71 %) svou odpověď „Ano“ potvrzovali přítomnost metodického pokynu či vnitřního předpisu, přičemž „Ne“ označili zbývající dva respondenti (2 = 29 %), viz Graf 26 a Tabulka 26.

## 8 DISKUZE

Cílem výzkumného šetření v rámci této bakalářské práce na téma „Využití oxidu dusného na zdravotnické záchranné službě a urgentním příjmu v ČR“ bylo zmapovat reálné používání oxidu dusného v přednemocniční a nemocniční péči v České republice, konkrétně na zdravotnických záchranných službách a vybraných urgentních příjmech krajských, fakultních či velkých pražských nemocnic. V problematice aplikace oxidu dusného se práce věnovala zejména základní otázce zjišťující používání či nepoužívání a posléze také detailům používání u respondentů využívajících N<sub>2</sub>O. Na základě výzkumného problému byly stanoveny 5 cílů a s cíli souvisejících 5 předpokladů.

V rámci výzkumného šetření byl dotazován vždy pouze jeden respondent (pracovník zdravotnického zařízení), který má přehled o dané problematice a je kompetentní o ní podávat informace (př: primář, vedoucí vzdělávacího a výcvikového střediska, hlavní nebo vedoucí sestra, vedoucí záchranář, vrchní či staniční sestra apod.). Výzkumné šetření probíhalo formou anonymních elektronických dotazníků v internetové službě *Google forms*. Z důvodu jistých odlišností mezi zdravotnickou záchrannou službou a urgentním příjmem byly vypracovány dva dotazníky jeden pro ZZS a druhý pro UP. Většina otázek je však stejných, proto lze výsledky dotazníků v mnoha ohledech porovnávat. Každý z dotazníků má 14 otázek. Současně selektující mechanismus v elektronickém dotazníku automaticky vytřídil odpovídající, kteří v druhé otázce udali informaci o používání či nepoužívání oxidu dusného v jejich zdravotnickém zařízení. Ti, kteří zaznamenali možnost, že používají N<sub>2</sub>O, byli automaticky vpuštěni k vyplnění dvanácti dalších doplňujících otázek, přičemž ti, co oxid dusný nepoužívají nebo ho pouze plánují používat, byli přesměrováni ke konci dotazníku, kde ho po sléze odeslali.

Celkový počet vyplněných dotazníků je 27, přičemž se podařilo získat odpovědi od všech respondentů zastupujících poskytovatele zdravotnických záchranných služeb krajů a Hlavního města Prahy (14 = 100 %) a respondentů z 10 urgentních příjmů krajských či fakultních nemocnic a 3 z velkých pražských nemocnic (tzn. dohromady 13), přičemž z výzkumu byla vyřazena Pardubická nemocnice (14.), která nemá urgentní příjem a Nemocnice České Budějovice, a.s. (15.), u které odpovědný pracovník nereagoval na opakované kontaktování. I přesto byla tato dvě vyřazená zdravotnická zařízení okrajově do výzkumu zahrnuta za účelem uceleného zmapování této problematiky na území České republiky.

Oxid dusný se používá v 1 (7 %) ze 14 (100 %) zdravotnických záchranných služeb, a to konkrétně v té Pražské, přičemž Zdravotnická záchranná služba Olomouckého kraje (1 = 7 %) sice oxid dusný nepoužívá, ale plánuje ho zařadit do palety používaných léčiv. Ostatní zdravotnické záchranné

služby (ZZS: UK, LK, KHK, MSK, PaK, ZK, JMK, SK, JCK, KV, PK, KVK) oxid dusný nepoužívají (12 = 86 %). V porovnání se zdravotnickými záchrannými službami je na dotazovaných urgentních příjmech oxid dusný používán čteněji. Konkrétně 7 (54 %) ze 13 (100 %) používá oxid dusný, 4 (31 %) nepoužívají a 2 (15 %) nepoužívají, ale plánují N<sub>2</sub>O zařadit do palety léčiv. Zajímavé na tomto rozvržení je, že 5 ze 7 používajících zdravotnických zařízení se nacházejí na Moravě (FN Ostrava, Krajská nemocnice T. Bati ve Zlíně, FN Olomouc, FN Brno, Nemocnice Jihlava), přičemž šestá je Krajská nemocnice Liberec a sedmá Ústřední vojenská nemocnice. Nemocnice plánující oxid dusný zařadit do používaných medikamentů jsou Thomayerova nemocnice a FN Plzeň. Ostatní zkoumané nemocnice, jenž oxid dusný nepoužívají, jsou FN v Motole, Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, Karlovarská krajská nemocnice a FN Hradec Králové. V dalších otázkách budou u urgentních příjmů počítána procenta zastoupení odpovědí u jednotlivých možností pouze z počtu urgentních příjmů, které zaznamenaly, že oxid dusný používají tzn. že 7 = 100 %.

Těmito daty (v otázce 2 v dotazníku pro UP i ZZS) dosahujeme prvního a nejdůležitějšího cíle této bakalářské práce: „Zjistit na jakých pracovištích zdravotnických záchranných služeb a vybraných urgentních příjmech krajských, fakultních či velkých pražských nemocnic se N<sub>2</sub>O reálně využívá.“. Současně se vyplňuje i první předpoklad (*Předpokládáme, že je oxid dusný málo čítným medikamentem užívaným v neodkladné péči v ČR.*), ovšem pouze na poli zdravotnických záchranných služeb. Tento předpoklad se nepotvrdil u dotazovaných urgentních příjmů, protože se ukázalo, že většina (7 ze 13) vybraných zařízení oxid dusný reálně používá, proto nemůžeme hovořit o „málo čítném medikamentu“. Dále se zmíněnými daty (poměr používání N<sub>2</sub>O v neodkladné péči v ČR: UM – 7/13, ZZS 1/14) potvrdil i druhý předpoklad (*Předpokládáme, že na urgentních příjmech se oxid dusný používá častěji než na zdravotnických záchranných službách.*).

Otázka na preferovaný typ uchování oxidu dusného se v prostředí zdravotnických záchranných služeb zdála bezpředmětná, proto byla položena jen respondentům urgentních příjmů. Ukázalo se, že v 57 % (4) se oxid dusný uchovává v přenosných tlakových láhvích a v 43 % (3) používá centrální rozvod medicínálních plynů. I přes to, že uvedená data se liší počtem odpovědí pouze o jednu, tak do jisté míry odráží tendenci používání oxidu dusného spíše v předmíchané směsi uchované v láhvích. Stejnou strategii lze však pozorovat u některých zařízení i v minulosti (1981) viz studie (Mckinnon a kol.) a používání Entonoxu na urgentním příjmech.<sup>[35]</sup>

Další společná otázka stejná jak pro ZZS, tak i pro UP byla zaměřena na další základní informaci týkající se účelu používání. Používání oxidu dusného se dá vzhledem k účelu rozdělit do dvou velkých skupin a to, že v jednom případě se oxid dusný používá jako komponenta celkové anestezie, v druhém případě především jako analgetikum. V této fázi byl jediným odpovídajícím respondentem ve

skupině zdravotnických záchranných služeb ZZS Hlavního města Prahy, která podle očekávání odpověděla, že používá oxid dusný výhradně k analgezii. U urgentních příjmů odpovědi na tuto otázku nebyly takto jednoznačné. Většina respondentů (4 = 57 %) zaznamenala možnost, že oxid dusný používají jak pro analgezii, tak pro anestezii, druhá nejčastěji zaznamenávaná odpověď (2 = 29 %) byla pro analgezii a jeden respondent (14 %) zaznamenal výhradní účel používání oxidu dusného tamním zařízením jako nosný plyn při anestezii. Tato data nám ukazují, že v prostředí českého urgentního příjmu má oxid dusný širší pole působnosti než v oblasti přednemocniční péče. Studie zmiňované na konci teoretické části této bakalářské práce prováděné na záchranných službách a urgentních příjmech spíše poukazují na téměř výhradní použití oxidu dusného v oblasti analgezie<sup>[22, 23, 24, 31, 32, 33, 35]</sup>. Obecně se tematika anestezie oproti analgezii ve spojitosti s oxidem dusným na poli urgentní medicíny téměř nevyskytuje.

Data uvedená výše (v otázce 4 v dotazníku pro UP a 3 v dotazníku pro ZZS) potvrzují třetí předpoklad (*Předpokládáme, že se v urgentní medicíně oxid dusný převážně používá k analgezii či sedaci.*), zejména ve skupině ZZS. Ve skupině UP tento předpoklad nelze jednoznačně potvrdit, protože většina respondentů označila odpověď vyjadřující skutečnost, že oxid dusný používají jak k analgezii, tak i k anestezii.

Jak se dalo předpokládat jednak podle předchozí odpovědi, tak dle studií a článků z prostředí přednemocniční neodkladné péče ve světě viz studie autorů Ducass a kol.<sup>[22]</sup>, Mckinnon<sup>[23]</sup>, Dönnen a kol.<sup>[24]</sup>, tak stejně ZZS HmP v otázce dotazující se na používanou koncentraci oxidu dusného využívá právě častokrát zmiňovanou směs 50 % oxidu dusného s 50 % kyslíkem s firemním názvem Entonox. Tato směs, bez ohledu na stáří studie nebo stát, kde byla prováděna, je stále už řadu desetiletí stejná. To dokládá fakt, že se jeví jak ZZS HmP, tak i ostatním světovým poskytovatelům přednemocniční neodkladné péče jako ta nejvhodnější. Jak již bylo v teoretické části zmiňováno, tak 50 % koncentrace oxidu dusného má kýžený analgetický efekt, který se ovšem (hypoteticky) nezvyšuje s vyšší koncentrací N<sub>2</sub>O. S rostoucí koncentrací rajského plynu by se pouze stupňovaly nežádoucí účinky. Podle získaných dat má stejnou filozofii i většina dotázaných urgentních příjmů. Majoritní počet (5 = 72 %) používá již zmiňovanou směs Entonox. Jeden respondent (1 = 14 %) uvádí vyšší využívanou koncentraci (60-70 % N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>), což ovšem dává v kontextu minulých otázek smysl, protože se jedná o Krajskou nemocnici T. Bati ve Zlíně, která jednak disponuje centrálním rozvodem medicínálních plynů (proto lze podávat různé koncentrace plynů) a současně udává v minulé otázce, že mimo analgezii oxid dusný používá k anestezii. Podobné je to i u druhého respondenta, (1 = 14 %), který jako jediný označil odpověď, že jeho zdravotnické zařízení používá koncentraci menší než 50 % N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub>. V tomto případě jde od Fakultní nemocnici v Olomouci, která stejně jako Zlínská nemocnice používá centrální rozvod medicínálních plynů, ale na rozdíl od Zlína používá oxid dusný pouze jako nosný plyn při anestezii. Stejný

trend v používání směsi 50 % oxidu dusného s 50 % kyslíkem jako na ZZS lze pozorovat i na urgentních příjmech, přičemž data získaná na vybraných UP to dokládají. Srovnatelná koncentrace byla použita i ve studiích autorů: Kariman a kol.<sup>[32]</sup>, Triner a kol.<sup>[33]</sup>, Mckinnon a kol.<sup>[35]</sup> což dokresluje skutečnost, že urgentní příjmy v ČR mají v této oblasti podobnou praxi jako ty zahraniční.

Uvedená data (v otázce 5 v dotazníku pro UP a 4 v dotazníku pro ZZS) dokazují pátý předpoklad („*Předpokládáme, že se oxid dusný používá nejčastěji k analgezii v koncentraci 50:50 s kyslíkem.*“), jak ve skupině dotazovaných UP, tak i ZZS.

Dostáváme se do oblasti vymezení kompetencí pro podávání oxidu dusného. I přesto, že je oxid dusný plyn, tak se stále jedná o medikament či farmakum, které musí být podáváno pouze kompetentním zdravotnickým personálem. Respondent zastupující ZZS HmP udává, že v jejich případě jsou kompetence nastaveny tak, že oxid dusný může podávat pouze nelékařský zdravotnický personál se specializací pro intenzivní péči či jinak proškolený pracovníci a lékaři. Prakticky to znamená, že kompetentními osobami pro podávání N<sub>2</sub>O jsou v tomto zdravotnickém zařízení zdravotničtí záchranáři či pracovníci se splněnou atestací specializace: „Sestra pro intenzivní péči“ a lékaři. Naopak striktní vymezení kompetencí ukazují výsledky z dotazníkového šetření pro vybrané urgentní příjmy. Většina respondentů (5 = 71 %) uvádí jako výhradní kompetentní osoby pouze lékaře. Respondent (1 = 14 %) z Ústřední vojenské nemocnice udává, že v tamním zařízení může oxid dusný podávat veškerý nelékařský zdravotnický personál společně s lékaři. V Jihlavské nemocnici (1 = 14 %) jsou kompetentními osobami stejně jako na ZZS HmP nelékařští zdravotničtí pracovníci se specializací pro intenzivní péči či jinak proškolení pracovníci a lékaři.

Podobně jako je nesmyslné některé otázky klást zdravotnické záchranné službě, tak toto platí i naopak u některých otázek pro urgentní příjmy. Proto byla otázka o tom, v jaké výjezdové skupině se oxid dusný nachází pro urgentní příjmy z dotazníku vyřazena. Respondent ZZS HmP z výběru výjezdových skupin udává výhradní osazení oxidem dusným vozidla rychlé zdravotnické pomoci (RZP). Tato odpověď tedy nepřímo přizvukuje odpovědi zaznamenané respondentem ZZS HmP v předešlé otázce a nepřímo říká, že oxid dusný na této zdravotnické záchranné službě používají zejména zdravotničtí záchranáři (nelékařští zdravotničtí pracovníci se specializací pro intenzivní péči). Důvodem je to, že posádku vozu RZP tvoří zdravotnický záchranář s řidičem.

Sedmou a také společnou otázkou pro oba dotazníky se dostáváme do oblasti indikací, které respondenti vnímají jako nejčastější pro použití oxidu dusného. Tato otázka umožnila respondentům zaznamenat více než jednu odpověď. Konkrétně bylo na výběr z chirurgické, traumatologické, interní či gynekologicko-porodnické indikace, přičemž bylo k dispozici i pole k vlastní odpovědi.



Zdravotnická záchranná služba Hlavního města Prahy i přes možný výběr označila jedinou odpověď, a to traumatologickou indikaci. U urgentních příjmů vybraných nemocnic všichni respondenti (7 = 100 %) označili též traumatologickou indikaci, přičemž druhá nejvíce označovaná možnost (2 = 29 %) byla chirurgická indikace. Po jedné odpovědi byla zastoupena odpověď gynekologicko-porodnická indikace (1 = 14 %) a možnost odpovědi „Jiné“ (1 = 14 %), ve které respondent dodává indikaci z důvodu úvodu do celkové anestezie. Tato data potvrzují dostupné informace ze zdrojů různých zahraničních poskytovatelů přednemocniční a nemocniční neodkladné péče, že oxid dusný je velmi používanou látkou zejména v traumatologických indikacích viz Ducass a kol.<sup>[22]</sup>, Mckinnon<sup>[23]</sup>, Donen a kol.<sup>[24]</sup> či Uglow<sup>[30]</sup>. Zajímavý je též fakt, že žádný respondent neoznačil možnost interní indikace k použití N<sub>2</sub>O i přesto, že zahraniční zdroje mnohdy uvádějí použití oxidu dusného i v indikacích interních např. bolesti na hrudi, jenž byly ischemické etiologie při akutním koronárním syndromu.<sup>[23, 24]</sup>

Zodpovězená otázka (otázka 7 v dotazníku pro UP i ZS) pojednávající o indikacích plní zároveň poslední pátý cíl („Zjistit indikace a použití N<sub>2</sub>O na pracovištích zdravotnických záchranných služeb a urgentních příjmech.“) a současně dokládá i čtvrtý předpoklad („Předpokládáme, že indikace k použití oxidu dusného jsou převážně traumatické.“), jak u UP, tak i u ZS.

Další společnou otázkou s číslem osm byla otázka vymezující intenzitu bolesti, při které pracovníci zařízení nejčastěji aplikují oxid dusný. Tato otázka je postavena na půdorysu vizuální analogové škály bolesti, což je metoda určení bolesti individuálně u každého pacienta vzhledem k tomu, že bolest je subjektivně a rozlišně vnímanou entitou u každého člověka. Škála je nastavena tak, že číslice 1 vyjadřuje žádnou nebo nejnižší bolest a 10 nesnesitelnou nebo tu nejvyšší bolest, kterou si pacient umí představit. Cílem této otázky je pak vyzorovat z reálné praxe hladiny bolesti, v jakých hodnotách nejčastěji zdravotničtí pracovníci použijí oxid dusný, a kdy naopak ne. ZS HmP udává interval vhodný pro použití N<sub>2</sub>O od čísla 3 až po číslo 8. Jedná se tedy zejména o střední bolest a bolesti na obou stranách hraničící jednak s bolestí mírnou a na druhé straně s bolestí těžkou. V případě odpovědi vybraných urgentních příjmů graf vyjadřující hladiny bolesti indikovaných pro oxid dusný vypadá jako téměř souměrná hora. Vrchol hory, a tedy i nejzaznamenávanější hodnota, bylo prostřední číslo 5 (6 = 85 %), po třech označeních mají hladiny bolesti 4 (3 = 43 %) a 6 (3 = 43 %). Podobné je to i u následujících čísel na každé ze stran škály. Číslo 3 a 7 mají po dvou označeních (2 = 29 %), přičemž dvě označení má i hodnota 8. Jedno označení (1 = 14 %) mají hodnoty 1, 2 a 9, 10. Tato data nám velmi dobře ilustrují, že polem působnosti pro oxid dusný je zejména střední hladina bolesti. Zjištěná data se shodují s daty uvedenými ve studii autora Ducass a kol. z roku 2013, kde zkoumanou hladinou bolesti je právě střední (traumatická) bolest.<sup>[22]</sup>

Otázka následující je provázaná svým významem s otázkou předešlou. Otázka bere v potaz předešlou odpověď respondenta vyjadřující intenzitu bolesti, při které nejčastěji pracovníci jím zastupovaného zařízení aplikují oxid dusný s tím, že v této otázce má zhodnotit jeho reálný účinek. Na výběr jsou tentokrát možnosti odpovědět, že je oxid dusný účinnější než tradiční analgetika nebo, že jsou tradiční analgetika účinnější než N<sub>2</sub>O či, že efekt N<sub>2</sub>O a tradičních analgetik je stejný. Na výběr byla i možnost odpovědět, že účinek oxidu dusného musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem a také možnost „Nevím“. Právě poslední zmíněnou možnost „Nevím“ využil respondent ze ZZS HmP. U vybraných urgentních příjmů stejnou odpověď zvolili dva respondenti (2 = 29 %). Též dva respondenti (2 = 29 %) uvedli, že tradiční analgezie je účinnější a zbylí 3 odpovídající respondenti (3 = 43 %) odpověděli, že účinek oxidu dusného musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem. Tato data nám naznačují, že potence oxidu dusného se nemůže rovnat účinnosti rutině podávaným analgetikům s tím, že pokud chceme dosáhnout kýženého efektu, tak musí být účinek oxidu dusného mnohdy doplněn právě tradičním analgetikem.

K podobným závěrům na poli nemocniční neodkladné péče dospěla i studie autorů Payne a kol., která říká, že mezi lokální infiltrační anestezií, lokální anestezií s kyslíkem nebo lokální anestezií s oxidem dusným při drenáži abscesu není rozdíl a přidaný N<sub>2</sub>O nepředstavuje žádnou výhodu ve snížení bolesti nebo anxiety.<sup>[29]</sup> Na druhou stranu studie autora Uglow zjistila, že oxid dusný zajistil srovnatelnou analgezií jako intravenózní sedace<sup>[30]</sup>, či studie autorů Gleeson a kol. srovnávající účinek oxidu dusného s lidokainem podávaným intra-artikulárně říká, že oxid dusný byl více efektivní v redukci skóre bolesti než lidokain.<sup>[31]</sup> Přesto větší studie autorů Kariman a kol. srovnávající fentanyl s 50 % N<sub>2</sub>O neukázala žádný rozdíl mezi těmito metodami v analgetické účinnosti pro úlevu od bolesti.<sup>[32]</sup> Z důvodu lišících se dat z výzkumu a jednotlivých studií nelze obecně s jistotou říci je-li oxid dusný účinnější, či méně účinný než tradiční analgetika.

V oblasti shledávaných výhod v používání oxidu dusného měli respondenti možnost zaznamenat více odpovědí, přičemž na výběr byly výhody: „Minimální efekt na srdeční frekvenci a krevní tlak“, „Minimální efekt na dýchání“, „Rychlý nástup i odeznění účinku“ a „Potencuje efekt analgetik“. Respondent ze Zdravotnické záchranné služby Hlavního města Prahy shledává všechny z uvedených možností jako výhody při využívání N<sub>2</sub>O. U vybraných urgentních příjmů je bilance označení jednotlivých odpovědí taková, že nejčastěji považují za výhodu (6 = 86 %) rychlý nástup i odeznění účinku N<sub>2</sub>O. Druhá nejčastěji označovaná výhoda (4 = 57 %) je, že N<sub>2</sub>O potencuje efekt analgetik, přičemž po jedné (1 = 14 %) odpovědi mají možnosti minimální efekt na srdeční frekvenci a krevní tlak a minimální efekt na dýchání. Získaná data jasně vykreslují, jaké konkrétní výhody jsou pro jednotlivá zařízení nejceněnější. Data o tom, že dotazované UP za výhodu nejčastěji považují rychlý nástup i odeznění účinku se

shodují se závěrem studie autorů Mckinnon a kol., který říká, že Entonox se prokázal jako nejvíc užitečný při takových indikacích nebo procedurách, kdy je nejžádanější rychlý nástup a zároveň rychlé odeznění účinku.<sup>[35]</sup>

Zjištěnými daty o výhodách (v otázce 11 v dotazníku pro UP a 10 v dotazníku pro ZZS) a kompetencích (v otázce 6 v dotazníku pro UP a 5 v dotazníku pro ZZS) splňujeme cíl číslo tři: : „Zjistit jaké jsou výhody, a kompetence pro použití oxidu dusného na jednotlivých urgentních příjmech a zdravotnických záchranných službách.“

Respondenti byli též dotazováni na hlavní důvod podávání oxidu dusného vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání. Jinými slovy to znamená, jaké vidí respondenti hlavní důvody v podávání analgetika jako plynu. V možných odpovědích byli obsaženy možnosti od: „Pacient odmítal invazivní aplikaci analgetik (strach)“, „U pacienta bylo obtížné zavést periferní žilní katétr (popáleniny, špatná kvalita periferního žilního řečiště apod.)“, „Jiný způsob aplikace léků nebyl na místě“, a též možnost vlastní odpovědi „Jiné“. Jediný odpovídající respondent z dotazníku pro ZZS udává ve své odpovědi, že pro jejich zařízení jsou hlavními způsoby všechny uvedené možnosti a přidává dva další důvody. Jako důvod uvádí ZZS HmP situace provádění multimodální analgezie posádkou RZP, nebo použití při VAS < 4 (vizuální analogová škála bolesti). Daleko pestřejší je u této otázky rozdělení odpovědí u oslovených urgentních příjmů. Sice pouze dvakrát (2 = 29 %), ale za to oproti ostatním možnostem nejčastěji zaznamenaná byla odpověď: „Jiný způsob aplikace léků nebyl namístě“. Zajímavé je, že ostatní odpovědi byli doplněny respondenty v sekci „Jiné“ (5 = 71 %). Každá z následující odpovědi je zastoupena vždy pouze jedním respondentem (1 = 14 %): „Používáme pouze jako úvod do anestezie“, „Úvod do analgosedace“, „Luxace kloubů, bolestivý převaz“, „První volba před podáním analgetik“ a „Výhoda ambulantního ošetření pacienta“. Na těchto odpovědích je zřetelné, že každé zařízení oxid dusný používá do jisté míry originálně a akcentuje jiné důvody pro využívání.

Odpověďmi na v otázce 11 v dotazníku pro UP a 10 v dotazníku pro ZZS zjišťujeme důvody využívání oxidu dusného v dotazovaných zdravotnických zařízeních a splňujeme druhý z vytyčených cílů: „Zjistit důvody využívání N<sub>2</sub>O na pracovištích zdravotnických záchranných služeb a urgentních příjmů.“

Další otázka cílí na zjištění skupin indikovaných pacientů, kterým je oxid dusný podáván vzhledem k jejich věku. Kvůli větší všeobecnosti bylo možné označit možnost, že zdravotnické zařízení aplikuje oxid dusný pouze dětem nebo pouze dospělým. Třetí možnost umožňuje respondentovi vyjádřit stanovisko, že je oxid dusný aplikován všem indikovaným pacientům bez ohledu na věk. A právě poslední zmíněnou možnost označil jako jediný odpovídající respondent zastupující přednemocniční

neodkladnou péči, tedy ZZS HmP. Podobný závěr v oblasti přednemocniční neodkladné péče lze nepřímo pozorovat ve studii autora Mckinnon, kdy věkové spektrum zkoumaných pacientů bylo v rozmezí 11 až 82 let.<sup>[23]</sup> U vybraných urgentních příjmů se odpovědi téměř půlí. Většina respondentů (4 = 57 %) označila stejně jako ZZS HmP možnost, že aplikují všem (indikovaným) pacientům bez ohledu na věk. Ostatní respondenti (3 = 43 %) svými odpověďmi udávají, že zařízení, jenž zastupují používá oxid dusný výhradně u dospělých indikovaných pacientů. Stejně jako u ZZS, tak i zde můžeme pro porovnání použít studii stejného autora Mckinnon (a kol.) s tím rozdílem, že nyní jde o druhou z jeho zmiňovaných studií (studie na urgentních příjmech). Věk pacientů v této studii byl mezi 8 rokem až 82 lety.<sup>[35]</sup> Můžeme tedy konstatovat, že většinová odpověď respondentů UP se shoduje se studií v tom, že oxid dusný je aplikován všem indikovaným pacientům bez ohledu na věk.

Předposlední otázka se dotazovala respondentů na častost používání oxidu dusného v jimi zastupovaném zařízení. Pro hrubé odhadnutí četnosti použití v časovém úseku bylo vytyčeno několik možností zahrnující častosti minimálně 1x denně, 1x týdně, 1x za dva týdny a alespoň 1x měsíčně, přičemž k dispozici bylo i pole „Jiné“ na vlastní odpověď. Právě ZZS HmP zvolila vlastní odpověď, ve které přichází se svou statistikou z roku 2018. V tomto roce byl oxid dusný aplikován u 516 případů, přičemž samostatně bez dalších analgetik u 222 pacientů. Z této odpovědi lze mimo jiné i odvodit procento pacientů, kteří v přednemocniční neodkladné péči na území Hlavního města Prahy potřebovali společně s oxidem dusným i doplňující analgezii. Konkrétně tedy v roce 2018 podstoupilo 516 případů (100 %) aplikaci Entonoxu s tím, že 222 pacientů (43 %) nepotřebovalo další analgezii a 294 pacientů (57 %) pravděpodobně potřebovalo doplnit analgetický účinek oxidu dusného. Touto odpovědí se vracíme k otázce číslo 9, ve které respondent ZZS HmP sice uvádí, že neví, jak si vede oxid dusný svým účinkem v porovnání s tradičními analgetiky, ale data, která uvádí jako odpověď v této otázce naznačují fakt, že více jak polovina případů, u kterých byl oxid dusný použit vyžaduje doplňující analgezii dalším analgetikem. Pokud bychom teoreticky rozvrstviли tyto případy do kalendářního roku, tak se dostáváme na zaokrouhlené číslo 1,41 pacienta denně, který je léčený pomocí oxidu dusného (konkrétně Entonoxem) Zdravotnickou záchrannou službou Hlavního města Prahy. U vybraných urgentních příjmů mají po jedné odpovědi možnosti „Minimálně 1x týdně“ (1 = 14 %) a „Alespoň 1x za měsíc“ (1 = 14 %), přičemž dvě odpovědi (2 = 29 %) má možnost „Minimálně 1x za dva týdny. Ostatní respondenti stejně jako ZZS HmP využili pole pro svou vlastní odpověď. Každá následující odpověď je odpovědí jednoho (1 = 14 %) ze tří zbývajících respondentů: „Dle diagnózy pacienta, nelze specifikovat časový interval“, „1x za 2 měsíce“ a „Podle potřeby“. Tyto data naznačují skutečnost, že používání oxidu dusného na urgentních příjmech není každodenní doménou a že se převážně přistupuje k jeho podání na základě individuálního stavu pacienta a obecné vhodnosti podání spíše než, že by šlo o standardní plošné použití první volby u pacientů s bolestí.

Souhrnná data, z otázek 12, 13, 5 v dotazníku pro UP a 12, 13, 4 v dotazníku pro ZZS pojednávající o věkové hranici pacientů, četosti používání a využívané koncentraci, splňují vytyčený cíl číslo čtyři: „Zjistit u koho zdravotnické záchranné služby a vybrané urgentní příjmy v České republice nejčastěji oxid dusný používají, jak často a v jaké koncentraci.“

Čtrnáctá, a tedy i poslední otázka se zabývala existencí metodického pokynu či vnitřního předpisu na aplikaci oxidu dusného v tázaném zdravotnickém zařízení. ZZS Hmp svou odpovědí potvrdila přítomnost tohoto dokumentu. Stejně odpověděla i většina vybraných urgentních příjmů (5 = 71 %), přičemž „Ne“ a tedy absenci tohoto dokumentu označili 2 respondenti (29 %).

Z výzkumu vyplývá, že oxid dusný reálně používá 1 ze 14 zdravotnických záchranných služeb a 7 z 13 vybraných urgentních příjmů. Tato čísla jsou odrazem toho, jak je reálně oxid dusný používán v neodkladné péči v ČR. Otázkou zůstává, zdali je to hodně nebo málo či, jestli by se N<sub>2</sub>O měl dále propagovat a zavádět do dalších zdravotnických zařízení v odvětví urgentní medicíny nebo by se naopak od jeho používání mělo upouštět. Každopádně nelze konstatovat, že na jeho používání panuje celorepublikový konsenzus. V některých odpovědích jsme mohli pozorovat větší a v některých menší shodu v jednotlivých detailech, které využívání oxidu dusného zahrnuje. To samé platí i o shodě výsledků se zahraničními studii. I přesto, že studie často cílily spíše na jiné objekty a charakteristiky, tak v některých parametrech se protínaly s naším výzkumem a mohly být tudíž porovnávány. Obecně lze říci, že se většinou shodovaly s majoritně zastoupenými odpověďmi.

Na závěr kapitoly Diskuze je nutné dodat, že i přesto o jak starou medicínskou metodou, používání oxidu dusného jde, tak je nutné pro rozhodnutí o jeho využitelnosti na poli neodkladné péče další výzkum zejména v praxi ZZS a UP. Proto nelze říci z dat jediného respondenta z oblasti přednemocniční neodkladné péče, zdali je tento plyn příhodnou alternativou i pro mimopražské zdravotnické záchranné služby. Jediná cesta, jak to zjistit je tento plyn testovat a výsledky vyhodnocovat. To samé do jisté míry platí i o urgentních příjmech v ČR s tím rozdílem, že zde je tato metoda oproti ZZS poměrně rozšířenější.

# ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala tématem a problematikou využití oxidu dusného v urgentní medicíně, konkrétně na poli zdravotnické záchranné služby a urgentních příjmech v České republice. I přesto, že řadu let nebyla tato metoda v neodkladné péči masivněji v Čechách propagována a akcentována, tak se v poslední době vrací do hry a používání oxidu dusného stojí za zvážení. Záměrem této práce bylo toto téma vyzdvihnout a řádně prozkoumat. Jednak sesbírat co nejvíce aktuálních, ale i starších a validních informací z několika málo existujících českých zdrojů a z řady anglicky psaných studií a článků od autorů z celého světa. Tato masa informací je v bakalářské práci transformována do teoretické části, která osvětluje co možná nejkomplexněji problematiku oxidu dusného. Pro práci bylo stanoveno pět cílů, jenž se podařilo splnit pomocí zodpovězení otázek v dotazníkovém šetření s tím, že se potvrdily všechny domnělé předpoklady.

Ze získaných dat vyplývá, že oxid dusný reálně používá 1 ze 14 zdravotnických záchranných služeb a 7 z 13 dotazovaných urgentních příjmů. Ze zdravotnických záchranných služeb plánuje oxid dusný začít používat 1 ze 13 a u urgentních příjmů 2 ze 13. Z analyzovaných údajů vyplývá, že většina dotázaných zařízení používajících oxid dusný ho podává ve směsi s kyslíkem 1:1 (Entonox) za účelem analgezie. Dále je též nutné vyzdvihnout fakt, že se respondenti nejčastěji shodují na indikaci k aplikaci oxidu dusného v případě traumatické bolesti, konkrétně v intenzitě střední bolesti (4, 5, 6) na vizuální analogové škále pro hodnocení bolesti.

V řadě otázek se odpovědi respondentů liší, a proto nelze s jistotou vytyčit jednu konkrétní možnost, která by zastoupením odpovědí převyšovala ostatní. Za zmínku v tomto ohledu ještě stojí zmínit výhody, které respondenti sledávají na používání oxidu dusného a to, že oxid dusný má zejména rychlý nástup a odeznění účinku, či že potencuje efekt analgetik. Respondenti převážně udávají, že rajský plyn podávají u všech bez ohledu na věk a mají na používání oxidu dusného vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis. Ostatní detailní otázky, ve kterých jsou odpovědi nejednoznačně zastoupené či rozmělněné jsou společně se zmíněnými hlouběji analyzovány v praktické části pomocí grafů a tabulek a hodnoceny v kapitole Diskuze.

Závěrem tedy můžeme konstatovat, že oxid dusný je i po 250 letech používání v medicíně aktuální doménou. V České republice je v oblasti urgentní medicíny oxid dusný používán převážně na poli nemocniční neodkladné péče spíše než v přednemocniční neodkladné péči. I přesto o jak starou medicínskou metodu se jedná jsme přesvědčeni, že má stále co nabídnout a stojí za to oxid dusný více v českých poměrech integrovat do urgentní péče.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HESS, Ladislav. Inhalační analgosedace ve 21. století. *Remedia* [online]. MEDICAL TRIBUNE CZ, 2017, 3/2017, 2017(3/2017), 281-286 [cit. 2019-09-05]. ISSN 2336-3541. Dostupné z: <http://www.remédia.cz/Archiv-rocniku/Rocnik-2017/3-2017/Inhalacni-analgosedace-ve-21-stoleti/e-2eF-2hl-2lp.magarticle.aspx>
- [2] HESS, Ladislav. Oxid dusný. *Remedia* [online]. MEDICAL TRIBUNE CZ, 2011, 5/2011, 2011(5/2011), 364–371 [cit. 2019-09-05]. ISSN 2336-3541. Dostupné z: <http://www.remédia.cz/Archiv-rocniku/Rocnik-2011/5-2011/Oxid-dusny/e-ZK-1ab-1ah.magarticle.aspx>
- [3] BUTTERWORTH, John F., David C. MACKEY a John D. WASNICK. Morgan & Mikhail's *Clinical Anesthesiology*. 6rd edition. United States: McGraw-Hill Education, 2018, 1408 s. ISBN 978-1-259-83442-4
- [4] PŘISPĚVATELÉ WIKISKRIPT. Inhalační anestezie (pediatrie). [www.wikiskripta.eu](http://www.wikiskripta.eu) [online]. 2.2. 2016 [cit. 2020-01-17]. Dostupné z: [www.wikiskripta.eu/index.php?title=Inhala%C4%8Dn%C3%AD\\_anestezie\\_\(pediatrie\)&oldid=338480](http://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Inhala%C4%8Dn%C3%AD_anestezie_(pediatrie)&oldid=338480)
- [5] RITTER, James M., Rod FLOWER a et. al. Rang & Dale's *Pharmacology*. 9rd ed. London, United Kingdom: Elsevier Health Sciences, 2019, 808 s. ISBN 978-0-7020-7448-6.
- [6] BARASH, Paul G., Bruce F. CULLEN, Robert K. STOELTING a ed al. *Klinická anesteziologie*. 6. vyd. Praha: Grada, 2015, 816 s. ISBN 978-80-247-4053-9.
- [7] PŘISPĚVATELÉ WIKIPEDIE. Oxid dusný. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 7. 01. 2020 [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Oxid\\_dusn%C3%BD&oldid=18012147](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Oxid_dusn%C3%BD&oldid=18012147)
- [8] VOKURKA, Martin, Jan, HUGO a et. al. *Velký lékařský slovník: farmakodynamika* [online]. 10. vyd. Praha: Maxdorf, 2015, 1140 s. [cit. 2019-09-09]. ISBN 978-80-7345-456-2. Dostupné z: <http://le-karske.slovníky.cz/pojem/farmakodynamika>
- [9] PŘISPĚVATELÉ WIKISKRIPT. Farmakodynamika. Wikiskripta [online]. 23. 02. 2018 [cit. 2020-01-31] Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Farmakodynamika&oldid=398559>

- [10] VOKURKA, Martin, Jan, HUGO a et. al. *Velký lékařský slovník: farmakokinetika* [online]. 10. vyd. Praha: Maxdorf, 2015, 1140 s. [cit. 2019-09-09]. ISBN 978-80-7345-456-2. Dostupné z: <http://le-karske.slovniky.cz/pojem/farmakokinetika>
- [11] WHALEN, Karen, et al. *Lippincott Illustrated Reviews: Pharmacology*. 6rd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2015. ISBN 978-1-4511-9177-6.
- [12] SIGMUND, Drahomír. ZS HMP zahájila pilotní projekt s Entonoxem – „S námi už to nebolí“. Komora záchranářů zdravotnických záchranných služeb České republiky [online]. Branická 405 /133, 147 00 Praha 4, 09.01.2016 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.komorazachranaru.cz/aktualita/zs-hmp-zahajila-pilotni-projekt-s-entonoxem-s-nami-uz-to-neboli>
- [13] Autoři SUKL. SOUHRN ÚDAJŮ O PŘÍPRAVKU: Medicinální oxid dusný SOL 100 %. Státní ústav pro kontrolu léčiv [online]. Šrobárova 48, 100 41 Praha 10, 21.12. 2016 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z <http://www.sukl.cz/modules/medication/download.php?file=SPC81523.pdf&type=spc&as=noxap-spc>:
- [14] SLÍVA, Jiří a Martin VOTAVA. *Farmakologie*. Praha: Triton, 2011., 400 s. ISBN 978-80-7387-5008.
- [15] FAIT, Tomáš, Michal ZIKÁN a Jaromír MAŠATA. *Moderní farmakoterapie v gynekologii a porodnictví*. 2. vyd. Praha: Maxdorf, 2017., 624 s. ISBN 978-80-7345-482-1.
- [16] RUPREHT J, Dworacek B, Ducardus R, et al. The involvement of the central cholinergic and endorphinergic systems in the nitrous oxide withdrawal syndrome in mice. *Anesthesiology* 1983; 58: 524–526
- [17] RUPREHT J, Dworacek B, Bonke B, et al. Tolerance to nitrous oxide in volunteers. *Acta Anaesthesiol Scand* 1985; 29: 635–638.
- [18] ZACNY JP, Cho AM, Coalson DW, et al. Differential acute tolerance development to effects of nitrous oxide in humans. *Neuroscience Letters* 1996; 209: 73–76.
- [19] MÁLEK, Jiří a kol. *Praktická anesteziologie*. 2. přepracované a doplněné vydání: Grada, 2016, 208 s. ISBN 978-80-247-5632-5.



- [20] ZEMANOVÁ, Jitka. *Základy anesteziologie* - 1. část. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a lékařských zdravotnických oborů v Brně, 2005, 149 s. ISBN 80-7013-374-0.
- [21] PŘISPĚVATELÉ WIKISKRIPT. Bolest. *Wikiskripta* [online]. 2. 6. 2019 [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Bolest&oldid=427247>
- [22] DUCASSÉ MD, Jean-Louis a et al. Nitrous Oxide for Early Analgesia in the Emergency Setting: A Randomized, Double-blind Multicenter Prehospital Trial. *Society for Academic Emergency Medicine* [online]. USA: John Wiley & Sons, 2013, 13 February 2013, 20(2), 178-184 [cit. 2019-11-24]. ISSN 1553-2712. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/acem.12072>
- [23] MCKINNON, Kent D. L. Prehospital analgesia with nitrous oxide/oxygen. *CMAJ* [online]. Kanada, 15. October 1981, 125(8), 836-840 [cit. 2020-02-27]. ISSN 1488-2329. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1862698/pdf/canmedaj01353-0038.pdf>
- [24] DONEN, N., W. A. TWEED, D. WHITE, B. GUTTORMSON a J. ENNS. Pre-hospital analgesia with Entonox. *Canadian Anaesthetists' Society Journal* [online]. Canada, 1982, May 1982, 29(3), 275–279 [cit. 2020-03-15]. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03007131>. ISSN 1496-8975. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF03007131#citeas>
- [25] EGER, Edmond I. a Lawrence J. SAIDMAN. HAZARDS OF NITROUS OXIDE ANESTHESIA IN BOWEL OBSTRUCTION AND PNEUMOTHORAX. *Anesthesiology* [online]. USA: Wolters Kluwer, 1965, 1965 Jan-Feb, 26, 61-6 [cit. 2020-03-20]. DOI: 10.1097/00000542-196501000-00011. ISSN 1528-1175. Dostupné z: <https://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=1965980>
- [26] SULLIVAN, Í O'. a J. BENDER. Nitrous oxide in emergency medicine. *Emergency Medicine Journal* [online]. USA, 2003, 2003, 20(3), 214-217 [cit. 2020-03-20]. ISSN 1472-0213. Dostupné z: <https://emj.bmj.com/content/20/3/214>
- [27] ALLEYNE, Richard a Celia HALL. Girl, three, dies after being given wrong gas. *The daily telegraph* [online]. 15. Feb 2001 [cit. 2020-02-13]. ISSN 0307-1235. Dostupné z: <https://www.telegraph.co.uk/news/health/1322684/Girl-three-dies-after-being-given-wrong-gas.html>

- [28] LEW, V., E. MCKAY a M. MAZE. Past, present, and future of nitrous oxide. *British Medical Bulletin* [online]. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, 2018, 8. March 2018, 125(1), 103-119 [cit. 2020-03-21]. DOI: <https://doi.org/10.1093/bmb/ldx050>. ISSN 1471-8391. Dostupné z: <https://academic.oup.com/bmb/article/125/1/103/4925059>
- [29] PAYNE, C. G., D. L. EDBROOKE a G. K. DAVIES. Minor procedures in the accident and emergency department: can Entonox help? *Arch Emerg Med* [online]. 1991, 1991 March, 8(1), 24-32 [cit. 2020-03-21]. DOI: 10.1136/emj.8.1.24. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1285729/>
- [30] UGLOW, M.G. Kocher's painless reduction of anterior dislocation of the shoulder: a prospective randomised trial. *Injury* [online]. Elsevier, 1998, March 1998, 29(2), 135–137 [cit. 2020-03-21]. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(97\)00168-X](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(97)00168-X). Dostupné z: [https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383\(97\)00168-X/pdf](https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383(97)00168-X/pdf)
- [31] GLEESON, A. P., C. A. GRAHAM a A. D MCR MEYER. Intra-articular lignocaine versus Entonox for reduction of acute anterior shoulder dislocation. *Injury* [online]. Elsevier, 1999, July 1999, 30(6), 403–405 [cit. 2020-03-21]. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(99\)00105-9](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(99)00105-9). Dostupné z: [https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383\(99\)00105-9/fulltext](https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383(99)00105-9/fulltext)
- [32] KARIMAN, Hamid a et al. Nitrous oxide/oxygen compared with fentanyl in reducing pain among adults with isolated extremity trauma: A randomized trial. *Emergency Medicine Australasia* [online]. 2011, 9. August 2011, 23(6), 761-768 [cit. 2020-03-21] DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2011.01447.x>. ISSN 1742-6723. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1742-6723.2011.01447.x>
- [33] TRINER, Wayne R a et al. Nitrous oxide for the treatment of acute migraine headache. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 1999, 1. May 1999, 17(3), 252-254 [cit. 2020-03-21]. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0735-6757\(99\)90118-3](https://doi.org/10.1016/S0735-6757(99)90118-3). Dostupné z: [https://www.ajemjournal.com/article/S0735-6757\(99\)90118-3/pdf#%20](https://www.ajemjournal.com/article/S0735-6757(99)90118-3/pdf#%20)
- [34] PŘISPĚVATELÉ WIKISKRIPT, Celková anestezie. *Wikiskripta* [online]. 31. 01. 2019 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Celkov%C3%A1\\_anestezie&oldid=421239](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Celkov%C3%A1_anestezie&oldid=421239)

- [35] MCKINNON, Kent D., Denis CULVER a John M. PRNO. Nitrous oxide/oxygen analgesia in emergency care. *Can Fam Physician* [online]. 1980, Januar 1980, **26**, 83-87 [cit. 2020-04-19]. ISSN 1715-5258. PMID: 21297843. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2383538/pdf/canfamphys00262-0085.pdf>

# SEZNAM ZKRATEK

ČR	Česká republika
N <sub>2</sub> O	oxid dusný
ZZS	zdravotnická záchranná služba
UP	urgentní příjem
CNS	centrální nervový systém
MAC	minimální alveolární koncentrace
O <sub>2</sub>	kyslík
MPa	megapascal
EEG	elektroencefalograf
BIS	bispektrální index
NMDA	N-methyl-D-aspartát
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
GIT	gastrointestinální trakt
GABA	kyselina gama-aminomáselná
B12	kobalamin
NO	oxid dusnatý
AMPA	α-amino-3-hydroxy-5-metyl-4-isoxazolpropionová kyselina
DNA	deoxyribonukleová kyselina
ORL	otorhinolaryngologie
kPa	kilopascal
mmHg	Torr – milimetry rtuťového sloupce
PaO <sub>2</sub>	parciální tlak kyslíku
SpO <sub>2</sub>	saturace krve kyslíkem
FN	fakultní nemocnice
RZP	rychlá zdravotnická pomoc
RV	rendez-vous (setkávací systém)
RLP	rychlá lékařská pomoc
Hmp	Hlavního města Prahy
UK	Ústeckého kraje

LK	Libereckého kraje
KHK	Královehradeckého kraje
MSK	Moravskoslezského kraje
PaK	Pardubického kraje
ZK	Zlínského kraje
JMK	Jihomoravského kraje
SK	Středočeského kraje
JCK	Jihočeského kraje
KV	Kraje Vysočina
PK	Plzeňského kraje
KVK	Karlovarského kraje

# SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Četnost používání oxidu dusného na zdravotnických záchranných službách v ČR

Tabulka 2 Účel použití oxidu dusného

Tabulka 3 Používaná koncentrace oxidu dusného

Tabulka 4 Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat

Tabulka 5 Výjezdové skupiny mající ve vybavení oxid dusný

Tabulka 6 Indikace pro použití oxidu dusného v přednemocniční neodkladné péči

Tabulka 7 Intenzita bolesti, při které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný

Tabulka 8 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti

Tabulka 9 Výhody shledávané v použití oxidu dusného

Tabulka 10 Hlavní důvod pro podání  $N_2O$  vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání

Tabulka 11 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku

Tabulka 12 Přibližná četnost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení

Tabulka 13 Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci  $N_2O$  ve zdravotnickém zařízení

Tabulka 14 Četnost používání oxidu dusného na vybraných urgentních příjmech v ČR

Tabulka 15 Typ uchování oxidu dusného preferovaný v zařízení

Tabulka 16 Účel použití oxidu dusného

Tabulka 17 Používaná koncentrace oxidu dusného

Tabulka 18 Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat

Tabulka 19 Indikace pro použití oxidu dusného v nemocniční neodkladné péči

Tabulka 20 Intenzita bolesti, při které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný

Tabulka 21 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti

Tabulka 22 Hlavní důvod pro podání  $N_2O$  vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání

Tabulka 23 Výhody shledávané v použití oxidu dusného

Tabulka 24 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku

Tabulka 25 Přibližná četnost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení

Tabulka 26 Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci  $N_2O$  ve zdravotnickém zařízení

# SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Četnost používání oxidu dusného na zdravotnických záchranných službách v ČR

Graf 2 Účel použití oxidu dusného

Graf 3 Používaná koncentrace oxidu dusného

Graf 4 Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat

Graf 5 Výjezdové skupiny mající ve vybavení oxid dusný

Graf 6 Indikace pro použití oxidu dusného v přednemocniční neodkladné péči

Graf 7 Intenzita bolesti, při které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný

Graf 8 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti

Graf 9 Výhody shledávané v použití oxidu dusného

Graf 10 Hlavní důvod pro podání  $N_2O$  vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání

Graf 11 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku

Graf 12 Přibližná četnost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení

Graf 13 Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci  $N_2O$  ve zdravotnickém zařízení

Graf 14 Četnost používání oxidu dusného na vybraných urgentních příjmech v ČR

Graf 15 Typ uchování oxidu dusného preferovaný v zařízení

Graf 16 Účel použití oxidu dusného

Graf 17 Používaná koncentrace oxidu dusného

Graf 18 Pozice zdravotnického pracovníka, jenž má kompetenci oxid dusný podávat

Graf 19 Indikace pro použití oxidu dusného v nemocniční neodkladné péči

Graf 20 Intenzita bolesti, při které nejčastěji pracovníci aplikují oxid dusný

Graf 21 Účinek oxidu dusného při zvolené bolesti v předešlé otázce v porovnání s tradičními analgetiky při stejné bolesti

Graf 22 Hlavní důvod pro podání  $N_2O$  vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání

Graf 23 Výhody shledávané v použití oxidu dusného

Graf 24 Indikovaní pacienti pro podávání oxidu dusného vzhledem k věku

Graf 25 Přibližná četnost podávání oxidu dusného pracovníky zařízení

Graf 26 Vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis na aplikaci  $N_2O$  ve zdravotnickém zařízení

# SEZNAM MAP

Mapa 1 Mapa České republiky rozdělená na kraje se zvýrazněním používáním či nepoužíváním oxidu dusného na zdravotnických záchranných službách v jednotlivých krajích a v Praze

Mapa 2 Mapa České republiky rozdělená na kraje se zvýrazněním používáním oxidu dusného v jednotlivých krajských, fakultních a velkých pražských nemocnicích



# SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Dotazník pro zdravotnické záchranné služby

Příloha 2 Dotazník pro vybrané urgentní příjmy

Příloha 3 Souhlas s výzkumným šetřením ve FN Olomouc

Příloha 4 Souhlas s výzkumným šetřením na ZZS Ústeckého kraje

*Poznámka: smluvních souhlasů s výzkumným šetřením se zdravotnickými zařízeními bylo uzavřeno celkem 27, proto kvůli zbytečně vysokému počtu příloh bylo přistoupeno k uvedení pouze dvou vzorových dokumentů viz Příloha 1 a 2. Zbytek smluvních souhlasů s výzkumným šetřením je k dispozici u autora.*

## **Příloha 1 Dotazník pro zdravotnické záchranné služby**

Vážená paní, vážený pane,

jmenuji se David Šams a studuji obor Zdravotnický záchranář na FZS při ZČU v Plzni. Obracím se na Vás s prosbou o zodpovězení otázek v podobě dotazníku pro průzkum ke své bakalářské práci s názvem: „Využití oxidu dusného na zdravotnické záchranné službě a urgentním příjmu v ČR“. Vaše odpovědi budou analyzovány a poslouží k realizaci praktické části bakalářské práce. Dotazníkem se obracím pouze na jednoho pracovníka Vašeho zařízení (tzn. zdravotnické záchranné služby), který má přehled o dané problematice a je kompetentní o ní podávat informace (př: primář, vedoucí vzdělávacího a výcvikového střediska, hlavní či vedoucí sestra, vedoucí záchranář apod.). Pokud nebude uvedeno jinak, prosím o označení právě jedné odpovědi, té, která nejvíce vyjadřuje skutečnost odpovídající postupům a zvyklostem Vašeho zařízení. Děkuji.

### **1) Z jakého zdravotnického zařízení jste?**

Zdravotnická záchranná služba

- (a) Středočeského kraje
- (b) Jihočeského kraje
- (c) Plzeňského kraje
- (d) Karlovarského kraje
- (e) Ústeckého kraje
- (f) Libereckého kraje
- (g) Královehradeckého kraje
- (h) Pardubického kraje
- (i) kraje Vysočina
- (j) Jihomoravského kraje
- (k) Olomouckého kraje
- (l) Zlínského kraje
- (m) Moravskoslezského kraje
- (n) Hlavního města Prahy

### **2) Je oxid dusný používán ve Vašem zdravotnickém zařízení?**

- a) Ano

- b) Ne
- c) Ne, ale naše zařízení plánuje oxid dusný zařadit do palety používaných léčiv

*(Pokud je u otázky číslo 2 Vaše odpověď B. či C. dále prosím ve vyplňování dotazníku nepokračujte a zašlete ho takto vyplněný, děkuji.)*

**3) Pro jaký účel oxid dusný používáte?**

- a) Pro anestezii, jako nosný plyn
- b) Pro analgezii
- c) Pro anestezii i analgezii

**4) V jaké koncentraci oxid dusný podáváte?**

- a) 50 % N<sub>2</sub>O / 50 % O<sub>2</sub> (entonox)
- b) 60-70 % N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub>
- c) Méně než 50 % N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub>

**5) Která pozice zdravotnického pracovníka má kompetenci oxid dusný podávat?**

- a) Pouze lékaři
- b) Veškerý nelékařský zdravotnický personál a lékaři
- c) Pouze nelékařský zdravotnický personál se specializací pro intenzivní péči, či jinak proškolení pracovníci a lékaři

**6) Ve vybavení, jakého typu výjezdové skupiny se nachází oxid dusný?**

- a) Pouze v RV
- b) Pouze v RLP
- c) Pouze RZP
- d) Oxidem dusným jsou vybaveny všechny typy výjezdových skupin
- e) Jiné, uveďte: .....

**7) V jakých nejčastějších indikacích používáte oxid dusný? (Ize zakroužkovat více odpovědí)**

- a) Chirurgické indikace
- b) Traumatologické indikace
- c) Interní indikace
- d) Gynekologické/porodnické indikace
- e) Jiné, uveďte.....

**8) K jaké intenzitě bolesti nejčastěji pracovníci vašeho zařízení aplikují oxid dusný?**

*(Zakroužkujte čísla příznačná pro intenzitu bolesti léčenou N<sub>2</sub>O přičemž 1=nejnižší bolest, 10=nejvyšší – nesnesitelná bolest)*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**9) S přihlédnutím na Vámi zvolenou intenzitu bolesti v minulé otázce, porovnejte účinek oxidu dusného při dané bolesti s tradičními analgetiky při stejné bolesti.**

- a) Oxid dusný je účinnější
- b) Tradiční analgezie je účinnější
- c) Efekt oxidu dusného a tradičních analgetik je stejný
- d) Účinek oxidu dusného musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem
- e) Nevím

**10) Jaké výhody shledáváte v použití oxidu dusného? (Ize zakroužkovat více odpovědí)**

- a) Minimální efekt na srdeční frekvenci a krevní tlak
- b) Minimální efekt na dýchání
- c) Rychlý nástup i odeznění účinku
- d) Potencuje efekt analgetik
- e) Jiné, uveďte: .....

**11) Jaký je hlavní důvod pro podání oxidu dusného vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání?**

- a) Pacient odmítal invazivní aplikaci analgetik (strach)
- b) U pacienta bylo obtížné zavést periferní žilní katetr (popáleniny, špatná kvalita periferního žilního řečiště apod.)
- c) Jiný způsob aplikace léků nebyl namístě
- d) Jiné, uveďte: .....

**12) U jakých indikovaných pacientů vzhledem k věku oxid dusný podáváte?**

- a) Pouze u dětí
- b) Pouze u dospělých
- c) U všech bez ohledu na věk

**13) Jak přibližně často je pracovníky Všeho zařízení oxid dusný podáván?**

- a) Minimálně 1x denně
- b) Minimálně 1x týdně
- c) Minimálně 1x za dva týdny
- d) Alespoň 1x za měsíc
- e) Jiné, uveďte.....

**14) Máte ve Vašem zdravotnickém zařízení na aplikaci oxidu dusného vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

## **Příloha 2 Dotazník pro vybrané urgentní příjmy**

Vážená paní, vážený pane,

jmenuji se David Šams a studuji obor Zdravotnický záchranář na FZS při ZČU v Plzni. Obracím se na Vás s prosbou o zodpovězení otázek v podobě dotazníku pro průzkum ke své bakalářské práci s názvem: „Využití oxidu dusného na zdravotnické záchranné službě a urgentním příjmu v ČR“. Vaše odpovědi budou analyzovány a poslouží k realizaci praktické části bakalářské práce. Dotazníkem se obracím pouze na jednoho pracovníka Vašeho zařízení (tzn. urgentního příjmu), který má přehled o dané problematice a je kompetentní o ní podávat informace (př: primář, vrchní či staniční sestra apod.). Pokud nebude uvedeno jinak, prosím o označení pouze jedné odpovědi, té, která nejvíce vyjadřuje skutečnost odpovídající postupům a zvyklostem Vašeho zařízení. Děkuji.

### **1) Z jakého zdravotnického zařízení jste?**

Urgentní příjem

- (a) Ústřední vojenská nemocnice
- (b) Fakultní nemocnice v Motole
- (c) Thomayerova nemocnice
- (d) Fakultní nemocnice Plzeň
- (e) Nemocnice České Budějovice
- (f) Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem
- (g) Krajská nemocnice Liberec
- (h) Fakultní nemocnice Hradec Králové
- (i) Fakultní nemocnice Ostrava
- (j) Fakultní nemocnice Olomouc
- (k) Fakultní nemocnice Brno
- (l) Krajská nemocnice T. Bati
- (m) Karlovarská krajská nemocnice
- (n) Pardubická nemocnice
- (o) Nemocnice Jihlava

### **2) Je oxid dusný používán ve Vašem zdravotnickém zařízení?**

- a) Ano

- b) Ne
- c) Ne, ale naše zařízení plánuje oxid dusný zařadit do palety používaných léčiv

*(Pokud je u otázky číslo 2 Vaše odpověď B. či C. dále prosím ve vyplňování dotazníku nepokračujte a zašlete ho takto vyplněný, děkuji.)*

**3) Jaký typ uchování oxidu dusného je ve Vašem zařízení preferován?**

- a) Centrální rozvod medicínálních plynů
- b) Přenosné tlakové láhve

**4) Pro jaký účel oxid dusný používáte?**

- a) Pro anestezii, jako nosný plyn
- b) Pro analgezii
- c) Pro anestezii i analgezii

**5) V jaké koncentraci oxid dusný podáváte?**

- a) 50 % N<sub>2</sub>O / 50 % O<sub>2</sub> (entonox)
- b) 60-70 % N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub>
- c) Méně než 50 % N<sub>2</sub>O / O<sub>2</sub>

**6) Která pozice zdravotnického pracovníka má kompetenci oxid dusný podávat?**

- a) Pouze lékaři
- b) Veškerý nelékařský zdravotnický personál a lékaři
- c) Pouze nelékařský zdravotnický personál se specializací pro intenzivní péči, či jinak proškolení pracovníci a lékaři

**7) V jakých nejčastějších indikacích používáte oxid dusný? (Ize zakroužkovat více odpovědí)**

- a) Chirurgické indikace
- b) Traumatologické indikace
- c) Interní indikace
- d) Gynekologické/porodnické indikace
- e) Jiné, uveďte.....

**8) K jaké intenzitě bolesti nejčastěji pracovníci vašeho zařízení aplikují oxid dusný?**

*(Zakroužkujte čísla příznačná pro intenzitu bolesti léčenou N<sub>2</sub>O přičemž 1=nejnižší bolest, 10=nejvyšší – nesnesitelná bolest)*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**9) S přihlédnutím na Vámi zvolenou intenzitu bolesti v minulé otázce, porovnejte účinek oxidu dusného při dané bolesti s tradičními analgetiky při stejné bolesti.**

- a) Oxid dusný je účinnější
- b) Tradiční analgezie je účinnější
- c) Efekt oxidu dusného a tradičních analgetik je stejný
- d) Účinek oxidu dusného musí být zpravidla doplněn tradičním analgetikem
- e) Nevím

**10) Jaký je hlavní důvod pro podání oxidu dusného vzhledem k jeho charakteristickému způsobu podání?**

- a) Pacient odmítal invazivní aplikaci analgetik (strach)
- b) U pacienta bylo obtížné zavést periferní žilní katetr (popáleniny, špatná kvalita periferního žilního řečiště apod.)
- c) Jiný způsob aplikace léků nebyl namístě
- d) Jiné, uveďte: .....

**11) Jaké výhody shledáváte v použití oxidu dusného? (Ize zakroužkovat více odpovědí)**

- a) Minimální efekt na srdeční frekvenci a krevní tlak
- b) Minimální efekt na dýchání
- c) Rychlý nástup i odeznění účinku
- d) Potencuje efekt analgetik
- e) Jiné, uveďte: .....

**12) U jakých indikovaných pacientů vzhledem k věku oxid dusný podáváte?**

- a) Pouze u dětí
- b) Pouze u dospělých
- c) U všech bez ohledu na věk



**13) Jak přibližně často je pracovníky Všeho zařízení oxid dusný podáván?**

- a) Minimálně 1x denně
- b) Minimálně 1x týdně
- c) Minimálně 1x za dva týdny
- d) Alespoň 1x za měsíc
- e) Jiné, uveďte.....

**14) Máte ve Vašem zdravotnickém zařízení na aplikaci oxidu dusného vypracovaný metodický pokyn či vnitřní předpis?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

### Příloha 3 Souhlas s výzkumným šetřením ve FN Olomouc

Ing. Andrea Drobiličová  
I. P. Pavlova 185/6,  
779 00 Olomouc

V Plzni dne 11.12.2019

Věc: Žádost o povolení sběru dat na urgentním příjmu Fakultní nemocnice Olomouc

Vážená paní inženýrko,

Jmenuji se David Šams a jsem student 3. ročníku Fakulty zdravotnických studií Západočeské univerzity v Plzni, oboru Zdravotnický záchranář.

Rád bych Vás požádal o umožnění provedení dotazníkového šetření UP Fakultní nemocnice Olomouc, jehož výsledky použiji při zpracování praktické části bakalářské práce na téma „Využití oxidu dusného na zdravotnické záchranné službě a urgentním příjmu v ČR“.

Tuto závěrečnou práci vypracovávám pod vedením Mgr. Evy Pfefferové z Fakulty zdravotnických studií Západočeské univerzity v Plzni.

Tímto Vás žádám o sdělení Vašeho rozhodnutí.

S pozdravem

David Šams  
Student 3. ročníku oboru Zdravotnický záchranář  
FZS ZČU v Plzni

Vedoucí práce:  
Mgr. Eva Pfefferová  
Katedra záchranářství a technických oborů  
Fakulta zdravotnických studií  
ZČU v Plzni  
E-mail: pfeffe@kaz.zcu.cz

Kontaktní údaj:  
David Šams  
Třída Svobody 603  
403 17 Chabařovice  
Tel. číslo: +420 605 042 826  
E-mail: sams@students.zcu.cz

Vyjádření k žádosti: a) žádost povolena  b) žádost zamítnuta

Odůvodnění:

.....  
.....

Datum, podpis, razítko:

12. 12. 2019

Ing. Andrea Drobiličová  
Hlavní sestra  
Odbor hlavní sestry  
Fakultní nemocnice Olomouc

## Příloha 4 Souhlas s výzkumným šetřením na ZZS Ústeckého kraje

Bc. Lukáš Vais  
Sociální péče 799/7a, Severní terasa  
400 11 Ústí nad Labem

V Plzni dne 15.1. 2020

Věc: Žádost o povolení sběru dat na ZZS Ústeckého kraje

Vážený pane bakaláři,

Jmenuji se David Šams a jsem student 3. ročníku Fakulty zdravotnických studií Západočeské univerzity v Plzni, oboru Zdravotnický záchranář.

Rád bych Vás požádal o umožnění provedení dotazníkového šetření na ZZS Ústeckého kraje, jehož výsledky použiji při zpracování praktické části bakalářské práce na téma „Využití oxidu dusného na zdravotnické záchranné službě a urgentním příjmu v ČR“.

Tuto závěrečnou práci vypracovávám pod vedením Mgr. Evy Pfefferové z Fakulty zdravotnických studií Západočeské univerzity v Plzni.

Tímto Vás žádám o sdělení Vašeho rozhodnutí.

S pozdravem

David Šams  
Student 3. ročníku oboru Zdravotnický záchranář  
FZS ZČU v Plzni

Vedoucí práce:

Mgr. Eva Pfefferová  
Katedra záchranářství a technických oborů  
Fakulta zdravotnických studií  
ZČU v Plzni  
E-mail: pfeffe@kaz.zcu.cz

Kontaktní údaj:

David Šams  
Třída Svobody 603  
403 17 Chabařovice  
Tel. číslo: +420 605 042 826  
E-mail: sams@students.zcu.cz

Vyjádření k žádosti:

a) žádost povolena

b) žádost zamítnuta

Odůvodnění:

.....

Datum, podpis, razítko:

15.1.2020 

