

Ladislav Hess  
Jiří Málek

**NETRADIČNÍ ZPŮSOBY  
APLIKACE ANESTETIK  
MOŽNOSTI  
JEJICH VYUŽITÍ  
V URGENTNÍ MEDICÍNĚ  
A MEDICÍNĚ KATASTROF**

## **Netradiční způsoby aplikace anestetik**

Možnosti jejich využití v urgentní medicíně a medicíně katastrof

**doc. MUDr. Ladislav Hess, DrSc.**

**doc. MUDr. Jiří Málek, CSc.**

---

Recenzovali:

prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.

doc. MUDr. Leo Klein, CSc.

Vydala Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum

Redaktorka publikace Jana Jindrová

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

Vydání první

© Univerzita Karlova v Praze, 2016

© Ladislav Hess a Jiří Málek, 2016

ISBN 978-80-246-3450-0

ISBN 978-80-246-3496-8 (pdf)



Univerzita Karlova v Praze  
Nakladatelství Karolinum 2016

[www.karolinum.cz](http://www.karolinum.cz)  
[ebooks@karolinum.cz](mailto:ebooks@karolinum.cz)



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	9
<b>1. METODIKA</b> .....	13
1.1 Studie prováděné na zvířatech .....	13
1.1.1 Králík .....	13
1.1.2 Makak .....	14
1.1.3 Laboratorní potkan .....	15
1.2 Studie prováděné u člověka .....	16
<b>2. ZPŮSOBY APLIKACE</b> .....	17
2.1 Nazální aplikace .....	17
2.1.1 Historické poznámky .....	17
2.1.2 Několik anatomicko-fyziologických poznámek o nosní sliznici .....	19
2.1.3 Výhody nazální aplikace .....	21
2.1.4 Využití nazální aplikace farmak v urgentní medicíně a medicíně katastrof .....	22
2.1.5 Technika nazálního podání .....	23
2.1.5.1 Králík .....	23
2.1.5.2 Makak .....	24
2.1.5.3 Člověk .....	24
2.1.5.4 Postup při nazální aplikaci .....	24
2.2 Bukální a sublingvální aplikace .....	26
2.2.1 Stavba dutiny ústní a její fyziologické funkce ve vztahu k slizniční aplikaci .....	27
2.2.2 Techniky podání .....	29
2.3 Konjunktivální aplikace .....	31
2.3.1 Stručný literární souhrn o konjunktivální aplikaci anestetik .....	32
2.3.2 Testování iritace konjunktivy podanými farmaky .....	34
2.3.3 Konjunktivální aplikace u člověka .....	34
2.4 Inhalační podání do plic (mimo inhalaci anestetických plynů) .....	35
2.4.1 Anatomické poměry a histologická skladba ve vztahu k inhalačnímu podání .....	35
2.4.2 Aerosol .....	37
2.4.3 Mechanismus absorpce při inhalačním podání .....	37
2.4.4 Metodika experimentálního podání aerosolu .....	38
2.4.5 Vývoj nových inhalačních technologií .....	40
<b>3. HLAVNÍ SKUPINY SLEDOVANÝCH LÁTEK PRO NETRADIČNÍ ZPŮSOBY PODÁNÍ</b> .....	41
3.1 Alkaloidy z lilkovitých rostlin – atropin a skopolamin .....	41
3.1.1 Experimentální část .....	43
3.1.1.1 Skopolamin a jeho kombinace s farmaky intramuskulárně u králíka .....	43
3.1.1.2 Skopolamin a jeho kombinace s farmaky nazálně u králíka .....	47

3.1.1.3	Skopolamin a jeho kombinace s farmaky konjunktiválně u králíka	50
3.1.2	Experimentální testování skopolaminu a jeho kombinace s farmaky u opic makak rhesus	52
3.1.3	Netradiční podání skopolaminu u člověka	53
3.2	Benzodiazepiny	55
3.2.1	Midazolam	57
3.2.2	Experimentální část	59
3.2.2.1	Benzodiazepiny – nazální podání u králíka	59
3.2.2.2	Kombinace midazolamu s haloperidolem a medetomidinem nazálně u makaka	61
3.2.2.3	Kombinace midazolamu a medetomidinu nazálně u makaka	62
3.2.2.4	Trojkombinace midazolam – medetomidin – ketamin	63
3.2.2.5	Kombinace midazolamu s etomidátem nazálně u králíka	64
3.2.2.6	Konjunktivální podání benzodiazepinů u králíka	64
3.2.2.7	Kombinace haloperidolu s midazolamem konjunktiválně u králíka	65
3.2.2.8	Konjunktivální aplikace specifických antagonistů a jejich vliv na kardiorepirační parametry při antagonizování konjunktiválně aplikovaných agonistů u králíka	66
3.2.3	Netradiční aplikace benzodiazepinů u člověka	67
3.2.4	Flumazenil	69
3.2.4.1	Flumazenil aplikovaný nazálně u králíka	70
3.2.4.2	Netradiční podání flumazenilu u člověka	70
3.3	Ketamin	74
3.3.1	Experimentální část	80
3.3.1.1	Ketamin a jeho kombinace nazálně u králíka	80
3.3.1.2	Kombinace ketaminu s remifentanilem a midazolamem nebo medetomidinem nazálně u makaka	82
3.3.1.3	Trojkombinace ketaminu s medetomidinem a midazolamem bukálně u makaka	84
3.3.1.4	Ketamin a jeho kombinace s medetomidinem při inhalační aplikaci u potkana	84
3.3.1.5	S-(+)-ketamin a jeho kombinace s midazolamem při konjunktiválním podání u králíka	85
3.3.1.6	Trojkombinace S-(+)-ketaminu s midazolamem a medetomidinem konjunktiválně u makaka	86
3.3.2	Netradiční způsoby podání ketaminu u člověka	87
3.3.2.1	Nazální aplikace ketaminu u člověka	87
3.3.2.2	Orální a bukální aplikace ketaminu u člověka	89
3.3.2.3	Inhalační podání ketaminu u člověka	89
3.4	Tiletamin	91
3.4.1	Experimentální část	91
3.4.1.1	Telazol v kombinaci s farmaky konjunktiválně u králíka	91
3.5	Alfa <sub>2</sub> -sympatomimetika a atipamezol	94
3.5.1	Medetomidin	97
3.5.2	Klonidin	98
3.5.3	Dexmedetomidin	98
3.5.4	Atipamezol	99
3.5.5	Experimentální část	99
3.5.5.1	Medetomidin aplikovaný nazálně u králíka	99
3.5.5.2	Medetomidin a jeho kombinace s farmaky nazálně u makaka	100
3.5.5.3	Vliv medetomidinu bukálně na kardiorepirační parametry u makaka imobilizovaného ketaminem	101
3.5.5.4	Vliv specifického antagonisty atipamezolu konjunktiválně na sedaci a kardiorepirační parametry po medetomidinu intramuskulárně u králíka	102
3.5.5.5	Trojkombinace medetomidinu s midazolamem a ketaminem konjunktiválně u králíka	102
3.5.5.6	Vliv konjunktiválně aplikovaného medetomidinu na chování a základní kardiorepirační parametry makaka imobilizovaného ketaminem intramuskulárně	103
3.5.6	Netradiční způsoby podání α <sub>2</sub> -sympatomimetik u člověka	104
3.6	Etomidát	106

3.6.1	Experimentální část	107
3.6.1.1	Etomidát a jeho kombinace s farmaky nazálně u králíka	107
3.6.1.2	Kombinace etomidátu s midazolamem a remifentanilem nazálně u makaka	111
3.6.1.3	Netradiční způsoby podání u člověka	111
3.7	Hyaluronidáza	112
3.8	Opioidy a jejich specifické antagonisté	113
3.8.1	Základní přehled	113
3.8.2	Experimentální část	117
3.8.2.1	Nazální podání opioidů u králíka	117
3.8.2.2	Úplně antagonistovatelné imobilizace nazální aplikací u králíka	123
3.8.2.3	Nazální, konjunktivální a bukální podání naltrexonu u makaka	124
3.8.2.4	Konjunktivální podání opioidů u králíka	127
3.8.2.5	Ultrakrátce působící opioidy konjunktiválně u králíka	128
3.8.2.6	Metadon konjunktiválně u králíka	131
3.8.2.7	Buprenorfin a jeho kombinace konjunktiválně u králíka	132
3.8.2.8	Etorfin konjunktiválně u králíka	133
3.8.2.9	Úplně antagonistovatelná imobilizace s použitím opioidů konjunktiválně u králíka	134
3.8.2.10	Konjunktivální aplikace specifických antagonistů při konjunktiválně aplikovaných agonistech u králíka	136
3.8.2.11	Úplně antagonistovatelná imobilizace s použitím opioidů konjunktiválně u makaka	137
3.8.2.12	Vliv naltrexonu konjunktiválně na imobilizaci makaka kombinací S-(+)-ketaminu, medetomidinu, alfentanilu a hyaluronidázy	138
3.8.3	Studie u člověka	139
3.8.3.1	Nazální aplikace opioidů u člověka	139
3.8.3.2	Bukální aplikace opioidů u člověka	140
3.8.3.3	Inhalační aplikace opioidů u člověka	142
3.8.3.4	Konjunktivální aplikace opioidů u člověka	144
3.9	Haloperidol	146
3.9.1	Experimentální část	146
3.9.2	Netradiční podání haloperidolu u člověka	146
3.10	Oxytocin	147
3.10.1	Experimentální část	149
3.10.1.1	Experimentální podání oxytocinu u králíka	149
3.10.1.2	Nazální aplikace oxytocinu u makaka	150
3.10.2	Netradiční způsoby podání oxytocinu u člověka	151
3.11	Vazopresin	152
3.11.1	Experimentální část	153
3.11.1.1	Vazopresin nazálně u králíka	153
3.11.1.2	Vazopresin nazálně u makaka	153
3.11.1.3	Kombinace oxytocinu a vazopresinu nazálně u králíka	154
<b>4.</b>	<b>CHROMATOGRÁFICKÉ STANOVENÍ PLAZMATICKÝCH KONCENTRACÍ VYBRANÝCH FARMAK PO KONJUNKTIVÁLNÍ APLIKACI U KRÁLÍKA</b>	<b>156</b>
4.1	Sufentanil	156
4.2	Midazolam	156
4.3	Remifentanil	158
4.4	Ketamin a jeho metabolity	158
<b>5.</b>	<b>NETRADIČNÍ ZPŮSOBY APLIKACE SVALOVÝCH RELAXANCÍ</b>	<b>160</b>
5.1	Netradiční způsoby použití svalových relaxancií u zvířat	160
5.1.1	Intramuskulární podání	160
5.1.1.1	Suxametonium	160
5.1.1.2	Kurare	163
5.1.2	Intratracheální podání	165

5.2. Netradiční způsoby použití u člověka . . . . .	165
5.2.1 Intramuskulární podání . . . . .	165
5.2.1.1 Suxametonium . . . . .	166
5.2.1.2 Nedepolarizační svalová relaxancia . . . . .	166
5.2.2 Další netradiční způsoby podání . . . . .	166
<b>6. STRUČNÝ PŘEHLED NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH EXPERIMENTÁLNÍCH VÝSLEDKŮ . . . . .</b>	<b>169</b>
<b>ZÁVĚR . . . . .</b>	<b>172</b>
<b>SUMMARY . . . . .</b>	<b>174</b>



# ÚVOD

Na konci 19. a začátkem 20. století dochází s rozvojem organické chemie k syntéze nových farmak, např. kyseliny acetylsalicylové, prokainu nebo barbiturátů. Původně byly používány především výtažky z rostlin, vzácně léčiva živočišného nebo minerálního původu. Ve druhé polovině 19. století Paul Ehrlich (1854–1915) upozoroval u většiny léčiv chemickou specifikou jejich účinku. Tato pozorování později vedla k receptorové teorii účinku léčiv.

Náklady na syntézu nových farmak se stále stupňují. Jejich syntéza vyžaduje 10–15 let intenzivní práce organických chemiků, farmakologů, biochemiků a lékařů. Náklady pak převyšují 500 milionů dolarů. Proto se objevují snahy zhodnotit účinek již existujících farmak. Mezi podceňované stránky farmakologického výzkumu patří farmaceutické zpracování farmak, způsoby aplikace a tím změny jejich biologické dostupnosti.

Již dávno využívali domorodci v Jižní Americe nebo v Africe netradiční způsoby aplikace různých rostlinných výtažků – např. nazálně při náboženských obřadech. Později také narkomané ukázali značnou vynalézavost ve způsobech podání drog. Kromě tradičních způsobů intravenózní, subkutánní nebo intramuskulární aplikace použili i nazální, bukalní, rektální a dokonce i vaginální aplikaci. V mnohém se stali inspirací současných způsobů podání farmak.

Netradiční způsoby aplikace farmak představují neinvazivní a nebolestivé formy podání, které se mohou uplatnit v nejrůznějších medicínských oborech od paliativní medicíny až po medicínu katastrof a urgentní medicínu.

Mimořádné situace kladou i mimořádné nároky na výběr vhodných analgetik a anestetik nebo jejich kombinací, jejichž účinek je snadno říditelný, působí i při netradičním způsobu podávání (nazální, transbukální, konjunktivální), která mají velkou terapeutickou šíři, minimálně ovlivňují základní životní funkce a umožňují provedení drobných chirurgických výkonů i bez zajištění dýchacích cest intubací. Těmto požadavkům se nejvíce přibližuje disociativní anestetikum ketamin a benzodiazepin midazolam. Alfa<sub>2</sub>-sympatomimetika výrazně potencují účinek obou skupin těchto farmak, působí výraznou vegetativní stabilitu, jejich účinek na dýchání je klinicky nevýznamný a redukuje psychomimetické účinky ketaminu. Protože intravenózní přístup je u obětí katastrof často obtížný a intramuskulární vstřebávání látek nespolehlivé, lze využít tzv. netradiční způsoby podání. Jedním z nejstarších způsobů je nazální podání. Od nepaměti je známá nazální aplikace kokainu, morfinu a dalších drog. V současné době se nazálně podávají opioidy, benzodiazepiny nebo ketamin. Nástup účinku je rychlý, protože nosní sliznice má velkou plochu a je dobře prokrvena. Ze sliznice konch se mohou farmaka vstřebávat dobře i při šoku. Transbukální aplikace je rovněž velmi stará (žvý-

kání tabáku a dalších psychotropních rostlin). Více než 100 let je známo sublinguální podání nitroglycerinu. V současné době je transbukálně používán fentanyl v léčbě bolesti, v klinických zkouškách je transbukální podání etomidátu. Protože i konjunktivální aplikace farmak je takřka neznámá, věnovali jsme se tomuto způsobu aplikace poněkud obšírněji s cílem vybrat několik farmak vhodných pro tento způsob podání.

Četné oční léky jsou aplikovány konjunktiválně, ale mají i systémový účinek. Bojové plyny pronikají do organismu také spojivkou (Bartošová, 2006). Farnsworth et al. (1998) prokázali rychlé vstřebání sufentanilu spojivkou u psa; dosažení analgetických plazmatických hladin sufentanilu nastalo již za 5 minut. Dalším netradičním způsobem podání je inhalační aplikace např. opioidů, která je známá z osvobozování rukojmích v divadle Dubrovka v roce 2002. Z dostupných pramenů se objevují ojedinělé zprávy o inhalační aplikaci morfinu, fentanylu i dalších opioidů samotných nebo v kombinaci s liposomy. Inhalační aplikace opioidů, např. ultrapotentního carfentanilu, byla testována při anestezii zvířat v ZOO v San Diegu.

Netradiční způsoby aplikace farmak by se mohly uplatnit i při ovlivnění chování lidí při hromadných neštěstích. Z USA jsou ojedinělé zprávy o inhalačním a aerosolovém podání benzodiazepinů působícím široké spektrum změn chování od anxiolýzy, sedace, ztráty agresivity až po imobilizaci. Vhodnými farmaky lze navodit úplně antagonistovatelnou analgosedaci, kterou lze kdykoli antagonistovat. Publikace je zaměřena na netradiční způsoby aplikace, které mají větší význam v akutní medicíně a medicíně katastrof. Vynechán je proto transdermální způsob aplikace, při kterém jsou opioidy podávány pro dlouhodobý účinek především při bolestech u onkologicky nemocných. Není uveden také rektální, vaginální, vezikální nebo jiný způsob aplikace s velmi malým významem pro urgentní medicínu. Naopak je uvedena kapitola o intramuskulárním podání svalových relaxancií, která má v současnosti především historický význam, ačkoli nelze vyloučit nové technologie, které by znamenaly její renesanci.

Výsledky podrobně popsané v experimentální části na zvířatech jsou vesměs původní práce autorů, pokud není uvedeno jinak. Výsledky experimentů získané u člověka jsou kromě vlastních poznatků doplněné o dostupné údaje z naší i světové literatury; prameny jsou v tomto případě citovány v textu.

U většiny pokusů a studií není uvedena statistická významnost jednotlivých výsledků, místo toho je klinický význam uveden v podkapitole „Shrnutí významu výsledků“ na konci skupiny pokusů s danou skupinou farmak a způsobu podání. Tento postup jsme zvolili proto, že by rozsah knihy neúměrně narostl, a také proto, že ne vždy statistická významnost vypovídá o významnosti klinické. Z toho důvodu považujeme verbální zhodnocení v diskusi za výhodnější. Má vyšší vypovídací hodnotu.

Většina popsáných netradičních způsobů aplikace je mimo schválenou indikaci použitých farmak a nelze je brát jako doporučení pro rutinní klinickou praxi. Je třeba zdůraznit, že všechny experimentální studie prováděné autory – ať již na zvířeti, či v klinice – byly součástí schválených projektů se souhlasem příslušných etických komisí, Státního ústavu pro kontrolu léčiv a po informovaném souhlasu účastníků. Poděkování patří paní Zuzaně Šimůnkové za experimentální práci a vedení protokolu.

Experimentální výsledky s netradičními způsoby aplikace farmak představují pestrou paletu možností uplatnění vybraných farmak v blízké budoucnosti. Na to navazují literární údaje o netradičních způsobech aplikace farmak u člověka a naše dosud skromné výsledky z klinické práce. Naším cílem je, aby netradiční způsoby aplikace farmak jako neinvazivní

a nebolestivé pronikly do urgentní medicíny, medicíny katastrof i záchranné služby a dalších složek integrovaného záchranného systému. Mohou se však uplatnit i v jiných oborech medicíny, jako je např. paliativní medicína, gerontologie nebo oftalmologie.



# 1 METODIKA

## 1.1 STUDIE PROVÁDĚNÉ NA ZVÍŘATECH

### 1.1.1 Králík

Ke studii jsme použili králíky plemene činčila šedá nebo novozélandské bílé králíky o hmotnosti 2,5–4,5 kg, obojího pohlaví. Králíci byli drženi v individuálních klecích v místnosti s teplotou 20–22 °C a vlhkostí 40–65 %. Dostávali standardní dietu a měli volný přístup k vodě. Experimenty na králících byly povoleny Etickou komisí pro pokusy na zvířatech při MZ ČR a Etickou komisí IKEM.

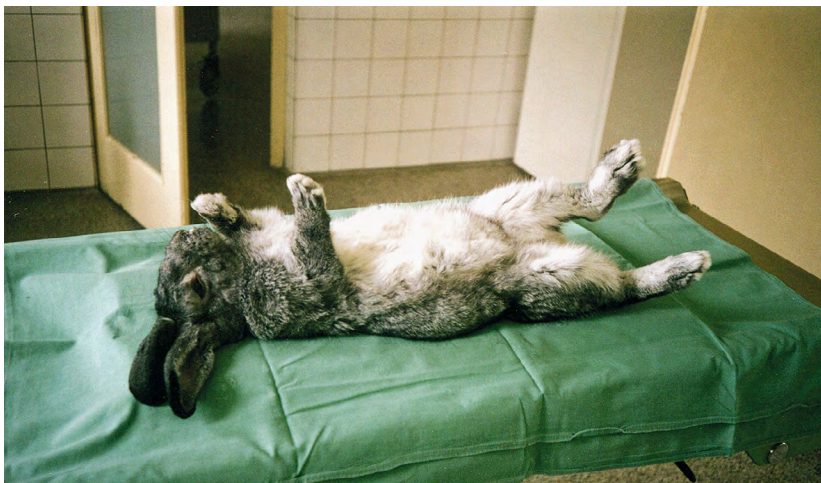
Po 15. minutě klidu k adaptaci na laboratorní prostředí jsme u každého králíka změřili základní kardiorepirační parametry – stupeň saturace hemoglobinu kyslíkem a tepovou frekvenci. Sonda pulzního oxymetru byla umístěna v zátylku zvířete, kde byla malá plocha srsti vyholena. Krevní tlak jsme měřili oscilometricky neinvazivně manžetou na přední končetině zvířete přístrojem Memoprint (Medvet, Německo).

Výchozí vyšetření bylo provedeno před podáním farmak a dále v minutových intervalech až do 20. minuty. Hodnotili jsme změny chování. Zaznamenali jsme první známky sedace, které se projeví snížením pohybu hmatových chlupů (*vibrissae*), snížením tonu svalstva a změnou držení těla. Postupně byla redukována odezva na poklep stropu dutiny nosní. Jako kritérium imobilizace jsme zvolili ztrátu reflexu polohy. Tu jsme testovali pokusy o obrácení zvířete do polohy na zádech v minutových intervalech (obr. 1).

Farmaka jsme aplikovali po fixaci zvířete kovovou sondou s kulovitým zakončením, aby nedošlo k poranění oka nebo nosní sliznice. Známky iritace spojivky jsme hodnotili modifikovaným testem dle normy ČSN EN ISO 10993-10 (855220): Biologické hodnocení zdravotnických prostředků – Část 10: Zkoušky dráždivosti a senzibilizace oka a spojivky.

V každé pokusné skupině jsme statisticky hodnotili rychlost nástupu ztráty reflexu polohy a změny kardiorepiračních parametrů po podání. Před konjunktivální aplikací sufentanilu jsme si ověřili jeho vliv na chování a základní kardiorepirační parametry pomocí standardní intramuskulární aplikace.

Ke statistickému zhodnocení jsme použili test ANOVA (Analysis of Variance).



Obr. 1. Ztráta polohového reflexu u králíka

## 1.1.2 Makak

Testování účinku jednotlivých farmak a jejich kombinace jsme prováděli na primátech rodu makak rhesus (*Macaca mulatta*) obojího pohlaví, stáří 2–5 let, hmotnosti 3–5,5 kg, chovaných v Biotestu v Konárovicích u Kolína. Kolonie asi 250 makaků je zde chována ve velkých klecích s venkovními výhledy. Po povolení etickou komisí jsme testovali farmakum nebo kombinaci farmak vždy na 10 zvířatech v 21denních intervalech. To nám umožnilo vzájemné srovnání účinku farmak u téhož jedince.

Poslední příjem potravy byl večer před pokusným dnem, voda byla k dispozici ad libitum až do začátku experimentu. Před začátkem experimentu jsme zkontrolovali funkčnost používaných přístrojů (pulzní oxymetr, přístroj na měření krevního tlaku) a pokusná zvířata zvážili. Před imobilizací jsme podle způsobu chování zjistili, zda je zvíře klidné, neklidné nebo velmi neklidné, a zaznamenali jsme hodnotný pořadí zvířete ve skupině. Zaznamenali jsme věk a pohlaví. Následně jsme vypočítali dávkování farmaka nebo jeho kombinace pro určité zvíře a připravili injekční stříkačku s roztokem anestetika.

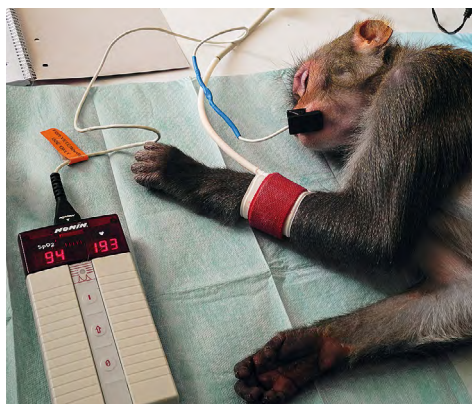
Po odchyení do podběráku a manuální fixaci jsme makakům aplikovali farmaka nazálně, bukálně nebo konjunktiválně. K netradičnímu způsobu aplikace jsme používali kovovou sondu s tupým zakončením. Ihned po aplikaci jsme zapojili stopky, abychom mohli celý průběh pokusu časově protokolovat. Zvíře jsme vypustili do malé klece, abychom mohli sledovat změny chování. Zaznamenali jsme první známky sedace, které se projeví poklesem očních víček a poklesem hlavy, určili jsme čas prvních známek ztráty koordinace pohybu – ataxie.

Zaznamenali jsme imobilizační čas (čas od aplikace ke ztrátě reflexu polohy) a čas ztráty úchopového reflexu, který často přetrvává při imobilizaci. Dále jsme zaznamenávali případné změny svalového tonu, výskyt nechtěných pohybů, velikost zornice, výraz očí. Sledovali jsme výskyt nežádoucích účinků dechové deprese, změny srdečního rytmu, zvracení, výskyt svědění.

Jakmile jsme zvíře vyjmuli z klece, připojili jsme měřicí přístroje a začali monitorovat tepovou frekvenci a stupeň saturace hemoglobinu kyslíkem pulzním oxymetrem a měřit



**Obr. 2.** Mezi nejčastější způsoby monitorace saturace hemoglobinu kyslíkem patří umístění sondy na prstech zvířete



**Obr. 3.** Sonda pulzního oxymetru umístěná na tvářové sliznici primáta

nekrvavým oscilometrickým způsobem krevní tlak v 5minutových intervalech. Čidlo pulzního oxymetru bylo umístěno na prstech nebo na horním rtu bukalní sliznice pokusných zvířat (obr. 2 a 3).

Pozorovali jsme také barvu sliznic. Stlačením nepigmentované sliznice v dutině ústní jsme určovali tzv. kapilární plnicí čas a sledovali jsme, zda se prokrvení sliznice po uvolnění prstu obnoví do 2 sekund. Tělesnou teplotu zvířete během imobilizace jsme odečítali z čipu zavedeného v temenní krajině zvířete.

Jednotlivá zvířata jsme nechali spontánně zotavit a zaznamenali jsme první známky probouzení (např. mrkání očními víčky), zaujatí prsní polohy, posazení a úplné obnovení kognitivních schopností (zvíře při vědomí, které reaguje na přiblížení ke kleci agresivním chováním).

Při analýze výsledků jsme použili statistické metody. K deskriptivní analýze popsaných výsledků jsme použili aritmetický průměr všech měřených veličin a k tomu standardní odchylku, která je důležitým ukazatelem pro šíři rozptylu hodnot kolem aritmetického průměru. Hodnoty jsme zanesli do tabulek a některé z nich znázornili graficky. Ke zjištění statistických rozdílů mezi jednotlivými hodnotami v určité skupině zvířat a mezi skupinami jsme použili ANOVA test.

### 1.1.3 Laboratorní potkan

Pro experiment s inhalačním podáním ketaminu a medetomidinu byly použity samice potkanů *Wistar albino* o hmotnosti 200–220 g, pocházející z Konárovic. Zvířata byla držena v klimatizovaných podmínkách, potrava (pelety) a voda jim byly k dispozici ad libitum. Zvířata byla rozdělena do pěti skupin po osmi jedincích. Dvě skupiny zvířat inhalovaly aerosol samotného ketaminu po dobu 2 minut (skupina K2) a po dobu 10 minut (skupina K10). Další dvě skupiny zvířat inhalovaly aerosol směsi ketaminu a medetomidinu po dobu 2 minut (skupina KD2) a po dobu 10 minut (skupina KD10). Poslední skupina zvířat byla kontrolní a inhalovala aerosol fyziologického roztoku po dobu 10 min.

## 1.2 STUDIE PROVÁDĚNÉ U ČLOVĚKA

Vlastní studie autorů probíhaly, jak již uvedeno v úvodu, v rámci schválených projektů se souhlasem příslušných etických komisí, Státního ústavu pro kontrolu léčiv a po informovaném souhlasu účastníků či jejich zákonných zástupců.

Pro nazální aplikaci byl používán nazální aplikátor LMA MAD Nasal (Mucosal Atomization Device), který je určen k topické aplikaci farmak. Podrobněji viz kap. 2.1.5.3.

Pro bukální aplikaci především u nespolupracujících osob byly použité látky rozpuštěny v malém množství certifikovaného medu. Výhodou je, že jeho vůně a sladká chuť překryjí často nepříjemně hořkou chuť použitých farmak a že díky vazkosti vzniklé směsi látka ulpívá v ústní dutině, odkud se vstřebává, a není spolknuta.

Monitorace základních vitálních funkcí byla standardní (neinvazivní měření krevního tlaku, pulzu, saturace hemoglobinu kyslíkem), dále byl měřen nástup i odeznění účinku pomocí RASS či Ramsayova skóre, případně u spolupracujících osob na základě subjektivních změn, které udávaly na numerické, případně vizuální analogové škále (úzkost, sedace). Všechny osoby byly propuštěny po zotavení na původní úroveň s doprovodem a stejným režimem jako po ambulantní anestezii či sedaci při vědomí.

Pro statistické hodnocení byl použit ANOVA test, Fisherův exaktní test a chí-kvadrát test.



# 2 ZPŮSOBY APLIKACE

## 2.1 NAZÁLNÍ APLIKACE

### 2.1.1 Historické poznámky

Nemedicínské aplikace. Nazální aplikace farmakologicky účinných látek je starého data. Nejstarším způsobem podání je šňupání, při němž se účinné látky vstřebávají nosní sliznicí, a působí celkově na organismus. Šňupání pochází z Ameriky. Indiáni používali tabák nejen ke kouření, ale i ke šňupání (obr. 4). Nejstarší látka používaná ke šňupání byla pravděpodobně *paricá* neboli *niopo*, která se vyráběla ze semen akácie (*Acacia niopo*). Šňupání sloužilo pro povzbuzení nálady při rituálních slavnostech. Jiným šňupacím prostředkem, který připravují domorodci v oblasti Orinoka, je *yopo-cohoba* z rostliny *Piptadena peregrina*. V nízkých dávkách působí excitačně a přivádí válečníky do bojové nálady, ve vyšších dávkách dochází k spánku až bezvědomí.



**Obr. 4.** Indián ze severozápadní amazonské oblasti šňupá pomocí dutého rostlinného stonku sušenou a práškovanou šťávu stromu *Virola* (Geo, 1990)