

Tento výukový text je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# ZÁKLADY ANESTEZIE A ANALGEZIE PRASAT

Autor: MVDr. Petr Raušer, Ph.D.  
Editace: MVDr. Michal Crha, Ph.D.

# ZÁKLADY ANESTEZIE A ANALGEZIE PRASAT

---

MVDr. Petr Raušer, Ph.D.

Klinika chorob psů a koček, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno

## 1. PREANESTETICKÉ VYŠETŘENÍ A PÉČE O PACIENTA

Předanestetické vyšetření prasete lze provádět formou klinického vyšetření a vyšetření přístrojového. Klinické vyšetření je omezeno pouze na základní adspekci, palpaci a auskultaci. Přístrojové vyšetření zahrnuje v první řadě odběr krve s vyšetřením hematologickým a biochemickým. Jiná přístrojová vyšetření běžně prováděná u ostatních druhů domácích zvířat, jako např. EKG, USG apod. jsou u prasat poměrně omezená a zpravidla vyžadují sedaci nebo celkovou anestezii zvířete. Také odběr jiných tělních tekutin mimo krve (např. moče) vyžaduje zklidnění pacienta.

### 1.1. Ustájení, omezení příjmu potravy a tekutin

Prasata by měla být pro aklimatizaci před plánovaným výkonem (experimentem) ustájena alespoň 5–7 dnů v cílové stáji.

Vzhledem k rychlé pasáži zažitiny trávicím traktem prasat je zcela dostačující hladovka 6–8 hodin, příjem tekutin může být neomezený až do začátku anestezie. delší hladovka se nedoporučuje z důvodu sklonu prasat k hypoglykémii.

## 2. LOKÁLNÍ ANESTETIKA, TECHNIKY LOKÁLNÍ ANESTEZIE

Lokální anestezie se u prasat zpravidla provádí pouze v kombinaci se celkovou anestezii za účelem snížení dávek současně používaných anestetik a analgetik a pro kvalitní potenci pooperační analgezie.

Lokální anestetika se v anestezii prasat pro experimentální účely používají zejména jako součást analgetického protokolu (multimodální analgezie – viz kap. 9.3.). K tomuto účelu slouží především dlouze působící lokální anestetika – **bupivakain**.

Lokální anestetika se podávají formou **povrchové anestezie** – např. aplikací lokálního anestetika intraartikulárně po artrotomiích, formou **infiltrační anestezie** – přímo k místu bolestivého procesu, např. do oblasti incize při laparotomii nebo formou **svodné anestezie** – nervová blokády, kdy se anestetikum aplikuje k nervu inervujícímu cílovou oblast. Příkladem této anestezie je např. interkostální blokáda nervů při laterální torakotomii.

Nejčastěji používanou formou svodné anestezie je **anestezie epidurální**. Je určena pro zákroky na pánevních končetinách a na kaudální části dutiny břišní. Epidurálně mezi L6 a S1 obratle se aplikují lokální anestetika – lidokain 2% 1 ml/9 kg, opioidy – morfin 0,1 mg/kg (bez konzervancí), alfa-2 agonisté – xylazin 2 mg/kg nebo medetomidin 0,5 mg/kg. Všechny epidurálně podané látky by měly být ředěny do objemu maximálně 1 ml na 9 kg tělesné hmotnosti.

### 3. LÁTKY POUŽÍVANÉ PŘI CELKOVÉ ANESTEZII PRASAT

#### 3.1. Anticholinergika

Anticholinergika jsou využívána pro prevenci zvýšeného tonu vagu s následnou bradykardií nebo pro bronchodilataci. Nejpoužívanější je **atropin** 0,05 mg/kg s.c., i.m. nebo 0,02 mg/kg i.v. Anticholinergika se většinou podávají cíleně, od preventivní aplikace v rámci anestetické premedikace se zpravidla již upouští.

#### 3.2. Trankvilizéry

Velké trankvilizéry – neuroleptika (deriváty fenotiazinu a butyrofenonu) nebo malé trankvilizéry – ataraktika (deriváty bezodiazepinů se v anestezii prasat většinou kombinují s disociačními anestetiky (ketaminem, tiletaminem) nebo s opioidy (deriváty fentanylu).

Často používaný **acepromazin** 1,1–2,2 mg/kg s.c., i.m., i.v. vyvolává periferní vasodilataci s hypotenzí. Doba jeho působení je poměrně dlouhá – asi 8–12 hodin. Kvůli snížení prahu pro vznik křečí není zcela ideální pro neurologické výkony.

Mimo acepromazinu se u prasat užívá i **azaperon** 2–8 mg/kg s.c., i.m. s minimálními negativními kardiovaskulárními účinky. Jeho nevýhodou je však poměrně krátká doba působení – kolem 20 minut.

Z benzodiazepinů jsou samostatně využívány **diazepam** 0,5–10 mg/kg s.c., 0,44–2 mg/kg i.v., 1 mg/kg/h i.v. nebo 2–10 mg/kg p.o. a **midazolam** 0,1–0,5 mg/kg s.c., i.m., i.v., 0,6–1,5 mg/kg/h, v kombinaci s disociačním anestetikem tiletaminem také zolazepam. Diazepam navozuje hypnózu a sedaci po dobu až 6 hodin. Doba působení midazolamu je oproti tomu krátká – asi 20 minut. Benzodiazepiny, zejména midazolam, však minimálně ovlivňují kardiovaskulární aparát, jsou proto vhodné i pro náročnější kardiovaskulární výkony nebo pro dlouhodobou sedaci.

Neuroleptika lze kombinovat i s ataraktiky – azaperon 4 mg/kg s.c., i.m. + midazolam 1 mg/kg s.c., i.m. pro úvod do anestezie propofolem a následnou inhalační anestezii.

Účinky benzodiazepinů (diazepam, midazolam) lze kompetitivně antagonistovat **flumazenilem** (podává se 1/13 dávky benzodiazepinů), neuroleptika vlastního antagonistu nemají.

#### 3.3. Alfa-2 agonisté

Prasata jsou ve srovnání s ostatními druhy zvířat na působení alfa-2 agonistů poměrně málo citlivá. Zejména méně selektivní alfa-2 agonisté (xylazin) působí kardiodepresivně s periferní vasokonstrikcí, přechodnou hypertenzí a proarytmogenními účinky. V kombinaci s ketaminem vyvolávají přechodnou analgezií. Selektivní alfa-2 agonisté, jako např. medetomidin navozují menší depresi kardiovaskulárního aparátu, jsou proto při anestezii preferováni. Nejčastěji se u prasat používá **xylazin** 2 mg/kg i.m. nebo **medetomidin** 0,2 mg/kg i.m. Z méně často používaných alfa-2 agonistů můžeme uvést **romifidin** 0,08 mg/kg s.c., i.m. nebo **detomidin** 0,002 mg/kg s.c., i.m.

Účinky alfa-2 agonistů lze antagonistizovat **atipamezolem** 0,24–1 mg/kg s.c., i.m., od dříve používaného yohimbinu se pro řadu jeho nežádoucích účinků již upouští.

### 3.4. Opioidy

Pro anestezii prasat jsou použitelní jak opioidní agonisté (morfin, fentanyl a jeho deriváty), tak i smíšené opioidní agonisté butorfanol, nalbufin nebo parciální opioidní agonista buprenorfin.

**Butorfanol** 0,1–0,4 mg/kg s.c., i.m., i.v. je častým analgetickým doplňkem jiných anestetických kombinací zpravidla obsahujících ketamin. Butorfanol samostatně neposkytuje pro většinu chirurgických výkonů dostatečnou analgezií, ale v kombinaci s jinými analgetiky umožňuje kvalitní analgetickou potenci. Nevýhodou butorfanolu je i jeho poměrně krátká doba působení – po i.m. aplikaci cca 4 hodiny. Podobné vlastnosti jako butorfanol má i **nalbufin** 1–2 mg/kg i.v. Analgeticky silnější a déle působící (až 8 hodin) je parciální opioidní agonista **buprenorfin** 0,01–0,05 mg/kg s.c., i.m., i.v. nebo 0,0005–0,01 mg/kg/h, nástup jeho účinků je však i po i.v. podání poměrně pomalý – až 45 minut.

Opioidní agonisté jsou naopak velmi silná analgetika, jejich doba působení je však poměrně krátká, proto je nutno je podávat v infúzi. Používají se často v kombinaci s benzodiazepiny pro dlouhodobou kardiovaskulárně stabilní analgosedaci (ataranalgezií). Hlavní nevýhodou opioidů je však jejich respirační deprese, která ve většině případů vyžaduje umělou plicní ventilaci.

Mezi nejčastěji používané opioidy patří **fentanyl** 0,05 mg/kg + 0,03–0,1 mg/kg/h i.v., **sufentanil** 0,007 mg/kg + 0,015–0,03 mg/kg/h i.v., **alfentanil** 0,006 mg/kg/h nebo **remifentanil** 0,03–0,06 mg/kg/h. Všechna tato analgetika jsou velmi účinná, působí však krátce, po úvodním bolu je proto nutno pokračovat v infúzním podání. Déle působí pouze **morfin** 0,1 mg/kg i.m. nebo **meperidin** (= petidin) 10 mg/kg s.c., jehož účinky přetrvávají kolem 4 hodin.

Účinek opioidů lze kompetitivně antagonistizovat **naloxonem** 0,005–0,02 mg/kg s.c., i.m., spolu s nežádoucími účinky opioidů (respirační deprese) však dojde i k antagonistizaci analgezie, proto se naloxon používá pouze výjimečně. Vzhledem ke krátké účinnosti opioidů (řádově minuty) je dostačující jejich spontánní metabolizace.

### 3.5. Celková anestetika

Z celkových anestetik jsou u prasat použitelná barbiturátová, nebarbiturátová i disociační anestetika.

#### 3.5.1. Barbiturátová anestetika

Barbituráty se aplikují přísně intravenózně, což je u prasat spojeno se zvýšeným stresem, pokud jsou zvířata při vědomí fixována. Druhou variantou je i.v. aplikace po zklidnění prasete některou z i.m. kombinací často obsahujících ketamin. Rychlá aplikace barbiturátů je většinou spojena s výskytem apnoické pauzy. Proto by se měla nejprve aplikovat třetina až polovina celkové dávky barbiturátů, po stabilizaci dýchání pacienta se pak podá zbytek dávky.

Barbituráty působí v závislosti na dávce kardiodepresivně. Používá se **pentobarbital** 20–40 mg/kg + 5–40 mg/kg/h i.v. nebo **tiopental** 6,6–25 mg/kg + 3–30 mg/kg/h i.v. Pro experimenty na přežívajících zvířatech je doporučováno aplikovat barbituráty pouze jednorázově, ve vedení anestezie se pak pokračuje zpravidla jiným způsobem (inhalačně). Infúzní reapplikace barbiturátů je vhodná pouze pro akutní experimenty ukončené eutanázií pacienta.

### 3.5.2. Nebarbiturátová anestetika

Hypnotikum **propofol** 4–20 mg/kg + 12–20 mg/kg/h i.v. má velmi podobné účinky na kardiovaskulární systém pacienta jako tiopental, výhodou propofol je však možnost jeho reapplikace nebo kontinuálního infúzního podání. Má relativně úzkou terapeutickou šíři, po jeho rychlé i.v. aplikaci dochází k poměrně výrazné hypotenzi a apnoei. Nemá analgezií. Proto se často kombinuje s opioidy – např. propofol 2–4 mg/kg i.v. + fentanyl 0,003–0,005 mg/kg i.v. + midazolam 0,4–0,7 mg/kg i.v. nebo propofol 3,5 mg/kg/h i.v. + fentanyl 0,017 mg/kg/h.

Dalším používaným hypnotikem je **etomidát** 4–8 mg/kg i.v., což je látka s nejmenšími nežádoucími kardiovaskulárními účinky. Také nemá analgezií, kombinuje se proto s opioidy nebo s ketaminem – etomidát 0,6 mg/kg + ketamin 10 mg/kg/h. Etomidát působí poměrně krátce – asi 5–10 minut, používá se proto pouze pro úvod do anestezie. Jeho dlouhodobé nebo opakované podávání blokuje kůru nadledvin působící pokles hladiny glukokortikoidů, což může končit i letálně. Pro opakované nebo kontinuální podání je proto nevhodný.

Podobné účinky jako etomidát má i **metomidát** 4 mg/kg i.v., jeho negativní kardiovaskulární účinky jsou však ve srovnání s etomidátem podstatně závažnější.

### 3.5.3. Disociační anestetika

Mezi nejpoužívanější disociační anestetika patří **ketamin**, který lze u prasat podávat i samostatně. Doba jeho působení je však krátká – asi 20 minut. Myorelaxace po jeho podání je nedostatečná, navíc nepůsobí viscerální analgezií. Pro docílení těchto účinků by proto měl být kombinován s jinými látkami, např. alfa-2 agonisty nebo s opioidy. Ketamin je jednou z nejpoužívanějších látek v anestezii prasat. Mimo jednorázového podání 11–33 mg/kg i.m., s.c. jej lze aplikovat i kontinuálně 3–33 mg/kg/h.

Podobnou látkou je **tiletamin**, působí však déle a jeho účinky jsou silnější. V současné době je dostupný pouze ve směsi s benzodiazepinem zolazepamem. **Tiletamin/zolazepam** se aplikuje samostatně 2–8,8 mg/kg s.c., i.m., v kombinaci s xylazinem – tiletamin/zolazepam 4,4 mg/kg s.c., i.m. + xylazin 2,2 mg/kg s.c., i.m. nebo s xylazinem a ketaminem – tiletamin/zolazepam 4 mg/kg s.c., i.m. + xylazin 2 mg/kg s.c., i.m. + ketamin 2 mg/kg s.c., i.m. (**směs TKX**). Další možností je i kombinace s butorfanol – tiletamin/zolazepam 4 mg/kg s.c., i.m. + xylazin 2 mg/kg s.c., i.m. + butorfanol 0,2 mg/kg s.c. (**směs TTX**).

### 3.6. Myorelaxancia

Hlavními indikacemi pro podání myorelaxancií je uvolnění svalové ztuhlosti při zákrocích na končetinách nebo dutině břišní, vyblokování spontánního dýchání při jeho nedostatečnosti nebo centrální pozice očního bulbu pro oftalmologické výkony.

V anestezii prasat se ze skupiny periferních nedepolarizujících myorelaxancií používá **pankuronium** 0,02–0,15 mg/kg + 0,003–0,03 mg/kg/h i.v. (po jeho podání může docházet ke zvýšení srdeční frekvence), **vekuronium** 1 mg/kg i.v. nebo **rokuronium** 1–1,5 mg/kg + 2–2,5 mg/kg/h i.v.

Pro antagonizaci periferních nedepolarizujících myorelaxancií lze použít nekompetitivního antagonistu neostigmin, jeho aplikace však bývá spojena se zvýšeným tonem sympatiku, proto se doporučuje premedikovat jej atropinem. V současné době se však dostává na trh kompetitivní antagonist periferních nedepolarizujících myorelaxancií, kterým je **cyklodextran**.

### 3.7. Inhalační anestezie

Inhalační anestezie je nejpoužívanější anestetickou technikou pro rozsáhlé, náročné, déletrvající výkony. V experimentální medicíně prasat je technikou nejrozšířenější především pro kontinuální kontrolu hloubky anestezie a možnost řízení dechových funkcí pacienta. Inhalační anestezie je však poměrně technicky (i finančně) náročná a vyžaduje dokonalou znalost funkce anesteziologického dýchacího přístroje.

#### 3.7.1. Inhalační anestetika

Z inhalačních anestetik se využívá plyn oxid dusný a těkavá anestetika isofluran, sevofluran a desfluran. Od použití halotanu se v zemích EU postupně upouští. Důležitým parametrem inhalačních anestetik je minimální alveolární koncentrace – MAC, což je koncentrace anestetika při které 50 % pacientů nereaguje na kožní řez. MAC v podstatě charakterizuje účinnost inhalačního anestetika. Pro anestezii většiny pacientů se však anestetika podávají v množství zpravidla 1,5–2x MAC.

**Oxid dusný** (N<sub>2</sub>O, rajský plyn, MAC 195%) je plyn, který slouží společně s kyslíkem jako nosný plyn anestetické směsi. S kyslíkem se podává v poměru 1 : 1 nebo 2 : 1. Má tzv. efekt druhého plynu, který napomáhá nástupu účinku současně podávaných těkavých anestetik. Oxid dusný navozuje na rozdíl od ostatních anestetik analgezií. Jeho nevýhodou je rychlý přestup do tělních dutin kvůli čemuž je kontraindikován při pneumotoraxu, dilatacích, ileózních stavech apod. Po ukončení dodávky oxidu dusného uvolňuje kyslík z tkání, vlivem čehož dochází k difúzní hypoxie rizikové zejména na konci anestezie.

Od dříve používaného **halotanu** (MAC 0,91–1,25 %) se upouští zejména pro jeho kardiodepresivní účinky, senzibilizaci srdce ke katecholaminům, hepatotoxicitu a pro ošetřující personál rizikovou hepatokancerogenitu. Nelze však opomenout jeho kvalitní anestetické a myorelaxační účinky.

V současnosti nejpoužívanější isofluran, sevofluran a desfluran mají u prasat velmi podobné farmakologické účinky. **Isofluran** (MAC 1,2–2,04 %) má u prasat poměrně nízkou míru metabolizace v organismu. Ve srovnání s desfluranem nebo sevofluranem je laciný, proto je v inhalační anestezii prasat preferován. Nepůsobí kardiovaskulární depresi, nesenzibilizuje srdce ke katecholaminům, jednou mála z jeho nevýhod je navození vasodilatace následované hypotenzí.

**Sevofluran** (MAC 2,53 %) navozuje poměrně rychlý nástup anestezie i její odeznění. Také kontrola hloubky anestezie je poměrně rychlá. Nemá výraznější vůni, je nedráždivý, proto je vhodný pro inhalační úvod do anestezie inhalační maskou.

Podobné účinky má i **desfluran** (8,28–10 %), který navozuje extrémně rychlý nástup a odeznění. Ze všech běžně používaných inhalačních anestetik má nejmenší míru metabolizace v organismu. Podobně jako sevofluran je však poměrně drahý.

Ve velkochovech se pro inhalační anestezii podává i směs kyslíku s oxidem uhličitým, v anestezii pro experimentální účely se však nevyužívá.

### 3.7.2. Inhalační anesteziologické systémy

Tyto systémy (též dýchací systémy) jsou nedílnou součástí inhalačního anesteziologického přístroje. Zajišťují přísun čerstvých plynů pacientovi a odstranění plynů odpadních – zejména CO<sub>2</sub>. V anestezii prasat se používají systémy **bez zpětného vdechování** – pro anestezii selat do hmotnosti cca 5–10 kg) a systémy **se zpětným vdechováním** – pro anestezii větších selat a dospělých prasat. Úvod do anestezie je realizován zpravidla injekčně s následnou endotracheální intubací, výjimkou však není ani inhalační úvod anestetickou maskou.

**Anestetická maska** se využívá pouze pro inhalační úvod do anestezie. Pro vlastní vedení anestezie se prasata zpravidla intubují. Při použití masky totiž není zajištěna průchodnost dýchacích cest a tím i správná kontrola jejich ventilace. Vdechované a vydechované plyny nejsou přesně odděleny, mohou se mísit, což je rizikové zejména z hlediska rozvoje hypoxie a hyperkapnie. Při použití anesteziologické anestetické masky pro inhalační úvod do anestezie musí být dodáváno 300 ml/kg/min čerstvé anestetické plynné směsi (FGF – *Fresh Gas Flow*). Jakmile pacient toleruje endotracheální intubaci, je ihned intubován a napojen na systém bez nebo se zpětným vdechováním.

**Anesteziologické systémy bez zpětného vdechování** (též systémy polootevřené), jsou takové, kdy pacient vydechuje veškeré (odpadové) plyny. Ty jsou odváděny mimo systém a pacient s nimi již nepříjde do styku. Součástí systémů proto není absorbér CO<sub>2</sub>. mezi tyto systémy patří Maplesonovy systémy nebo Bainův systém. Maplesonovy systémy jsou připojeny na straně jedné na zdroj čerstvých plynů dodávaných anesteziologickým přístrojem a na straně druhé na endotracheální rourku pacienta. Veškeré pacientem vydechované plyny (včetně CO<sub>2</sub>) jsou pak odváděny zcela mimo pacienta, což vede k jejich ztrátám. Dochází však přitom také ke ztrátám tepla a vlhkosti. Odváděna jsou navíc i nevstřebaná inhalační anestetika. Tepelným ztrátám částečně zabraňuje Bainův systém svou koaxiální konstrukcí. Systémy bez zpětného vdechování jsou použitelné u pacientů všech hmotnostních kategorií, z ekonomického hlediska jsou však významné zejména při anestezii pacientů malých hmotností, protože je minimalizován „mrtvý“ dýchací prostor. Při použití systémů bez zpětného vdechování se dodává čerstvá anestetická směs (FGF) v množství stejném nebo nižším než je minutový dechový objem (MV – *Minute Volume*) pacienta (FGF ≥ MV), tzn. 150–300 ml/kg/min.

**Anesteziologické systémy se zpětným vdechováním** (též systémy polouzavřené a uzavřené) jsou charakteristické zpětným vdechováním všech nebo jen části pacientem vydechovaných plynů. Podmínkou mísení čerstvých a vydechovaných plynů je vřazení absorbéru CO<sub>2</sub>, který brání vdechování vydechnutého CO<sub>2</sub>. Zpětným vdechováním pacientem „nespotřebovaných“ plynů (kyslíku, vzduchu, inhalačních anestetik) se snižuje spotřeba čerstvých plynů a omezují ztráty tepla a vlhkosti. Systémy se zpětným vdechováním jsou

využívány pro větší selata a dospělá prasata. Jedná se o systémy okruhové, podle množství čerstvých plynů se rozlišují ještě systémy *High-Flow*, *Low-Flow*, *Minimal-Flow* a systém zavřený. Při použití systémů se zpětným vdechováním se dodává čerstvá anestetická směs v množství stejném nebo nižším než je minutový dechový objem pacienta ( $FGF \leq MV$ ). U **High-flow** systémů je množství čerstvého plynu 20–100 ml/kg/min, u **Low-flow** systémů 10–20 ml/kg/min. U **zavřeného systému** odpovídá množství čerstvého plynu metabolické spotřebě pacienta a činí 5–10 ml/kg/min. U systémů se zpětným vdechováním s nízkými průtoky plynů se nepoužívá oxid dusný.

#### 4. UMĚLÁ PLICNÍ VENTILACE

Umělá plicní ventilace není záležitostí pouze anestezie. Je nezbytnou součástí i intenzivní péče. Běžně využívané techniky umělé plicní ventilace jsou však pro pacienta do jisté míry nefyziologické.

Mezi hlavní indikace umělé plicní ventilace patří: deprese dechových center (vyvolaná farmakologicky, metabolicky nebo mechanicky vzestupem nitrolebního tlaku), neschopnost adekvátní expanze hrudníku (bolestivost, trauma, abdominální distenze, nitrohrudní výkony, svalová slabost, farmaka, neurologické abnormality a další) a neschopnost adekvátní expanze plic (pneumotorax, pleurální efúze, onemocnění plic, brániční kýla, obstrukce dýchacích cest a další).

Umělá plicní ventilace je pro pacient do jisté míry nefyziologická – přetlak v dýchacích cestách snižuje žilní návrat což vede ke snížení srdečního výdeje a tím i arteriálního krevního tlaku. To je výrazné zejména v případech kdy tlak v dýchacích cestách překročí 1 kPa, při hypovolémii nebo omezené funkci sympatiku. Umělá ventilace snižuje průtok krve plicemi, čímž může docházet k rozvoji ventilačně-perfúzních abnormalit.

Prasata jsou navíc na umělou plicní ventilaci poměrně citlivá. Jejich plicní tkáň je při nadměrné ventilaci náchylná k barotraumatu, emfyzematózním bulám, pneumotoraxu a pneumoperitoneu.

##### 4.1. Parametry umělé plicní ventilace

Pro adekvátní umělou plicní ventilaci je proto nutno dodržovat tyto parametry:

- Dechová frekvence se pro prasata o hmotnosti 30–40 kg obvykle pohybuje v rozmezí 12–15 dechů/min.
- Dechový objem 1 dechového cyklu –  $V_T$  (*Tidal Volume*) by měl být u prasat 5–10 ml/kg.
- Inflační tlak plic (PIP – *Peak Inspiratory Pressure*) na konci inspiria by se měl pohybovat v rozmezí 1,8 – 2,2 kPa.
- Poměr inspirium/exspírium ( $T_i : T_e$ ) by měl být 1 : 2 až 1 : 3. doba inspiria ( $T_i$ ) by však neměla překročit 1,5 sekundy, jinak je omezen žilní návrat.
- U umělé plicní ventilace pro déletrvajících výkonů by měl být využit i PEEP (*Positive End Expiratory Pressure*) – přetlak na konci exspíria, kterým se otevřou plicní alveoly, omezí atelaktázy a zlepší plicní ventilace. Obvykle se používá PEEP 0,2 – 0,5 kPa.



## 4.2. Ventilátory a ventilační režimy

Pro ventilaci v průběhu anestezie se zpravidla používají tlakově nebo objemově řízené ventilátory. Z režimů umělé plicní ventilace je k dispozici ventilace asistovaná nebo kontrolovaná.

Asistovaná ventilace je taková, kdy pacient každým vdechem automaticky spouští ventilátor, který mu většinou tlakově (PS – *Pressure Support*) „pomáhá“, tzn. že pacient iniciuje každý dech, který je však dokončen podle tlaku nastaveného na ventilátoru.

Řízená ventilace je způsob, kdy ventilátor pracuje zcela nezávisle na dechové činnosti pacienta. Pokud však pacient dýchá samovolně a s ventilátorem se „přetlačuje“, je pro něj tento režim rizikový. Nejčastěji se používá tlakově řízená ventilace (PC – *Pressure Control*) nebo objemově řízená ventilace (CMV – *Continuous Mandatory Ventilation*).

Při odpojování pacienta od ventilátoru a obnovování jeho spontánní dechové aktivity se využívá synchronizovaná intermitentní zástupová ventilace (SIMV – *Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation*).

Na ventilátoru je nastaven požadovaný počet dechů a  $V_T$ . Pokud pacient dýchá spontánně parametry odpovídajícími nastavení ventilátoru, je ventilátor nečinný. Pokud je pacientovo spontánní dýchání nedostatečné (nízká frekvence nebo  $V_T$ ), „doplňuje“ ventilátor jeho dechovou akci na požadované parametry.

## 5. SLEDOVÁNÍ PACIENTA V PRŮBĚHU ANESTEZIE

Sledování pacienta (monitoring) v průběhu sedace a celkové anestezie lze provádět klinicky – neelektronicky nebo přístrojově – elektronicky. Zejména pro klinické sledování je podmínkou dostatečná znalost stádií celkové anestezie – 1. stádium analgezie, 2. stádium excitace, 3. stádium chirurgické anestezie a 4. stádium paralýzy.

### 5.1. Klinický monitoring

Klinický monitoring je jednoduchý, technicky nenáročný, avšak ve většině případů nezastupitelný. Do jisté míry je však ovlivněn zkušenostmi anesteziologa.

Mimo sledování dechové a srdeční činnosti je základem klinického monitoringu posouzení palpebrálního reflexu, pupilárního reflexu a tonu žvýkacích svalů.

#### 5.1.1. Dýchání

**Dechová frekvence, rytmus a hloubka dechu.** Při klinickém monitoringu není důležitá pouze dechová frekvence, ale také dechový rytmus, hloubka dýchání a typ dýchání. S prohlubující se anestézií se dýchání nejprve prohlubuje, stává se pravidelným, později se stává povrchním a nepravidelným, s přechodem do paralytického stadia dochází k zástavě dýchání první klinicky patrnou abnormalitou vitálních funkcí.

Pacient dýchá smíšeným typem dýchání, nejprve vymizí kostální dýchání, později pak i diafragmatické. Při probouzení pacienta během anestezie se

dýchání většinou zrychluje a stává se povrchním. Dechovou činnost do jisté míry ovlivňují i použitá anestetika (opioidy, barbituráty).

### 5.1.2. Srdeční činnost

**Srdeční frekvence, rytmus a pulzní kvalita.** Mezi parametry klinického monitoringu srdeční činnosti patří auskultace srdce spolu s palpací pulsu. Srdce lze auskultovat běžným fonendoskopem zevně nebo **jícnovým fonendoskopem** nad bází srdeční, což bývá při anestezii často preferováno.

Důležité je také sledování peroperačního krvácení spolu s čas zpětného plnění kapilár (*Capillary Refill Time* – CRT) a barvou sliznic. Srdeční činnost je závislá na charakteru použitých anestetik a látek pro premedikaci. Pro 1.-3. stadium je typická pravidelná srdeční činnost s frekvencí podle druhu podaného anestetika (alfa-2 agonisté a opioidy působí bradykardií, disociační anestetika naopak tachykardií).

Puls lze u prasat palpatovat na *a. radialis* nebo na *a. saphena medialis*. U stabilizovaných pacientů je puls plný, bilaterálně symetrický. S prohlubující se anestézií se srdeční činnost zpomaluje, je nepravidelná, puls nitkovitý asymetrický. S přechodem do paralytického stadia dochází k její úplné zástavě.

### 5.1.3. Reflexy

Posouzení reflexů je možné při anestezii, kdy nebyla použita disociační anestetika nebo periferní nedepolarizující myorelaxancia – kuraremimetika. Pokud však některá z látek použita byla, je hodnocení reflexů zkreslené. V ostatních případech posuzujeme především reflexy palpebrální, korneální, pupilární, laryngeální a pedální.

**Pupilární reflex** lze hodnotit pouze, pokud není pacient atropinizován, je však nutno vzít v úvahu i ostatní látky použité při anestezii (alfa-2 agonisté, opioidy působí miózu).

**Palpebrální a korneální reflex.** Palpebrální reflex většinou vymizí při přechodu z 2. do 3. stadia anestezie, korneální reflex pak nedlouho po něm na začátku stadia chirurgické anestezie.

**Laryngeální reflex** mizí spolu s palpebrálním reflexem při přechodu do 3. stadia anestezie. Vymizení tohoto reflexu je ve většině případů podmínkou úspěšné intubace a zavedení endotracheální rourky. Při disociační anestezii je laryngeální reflex zachován, což někdy intubaci komplikuje.

**Pedální reflex** je základním reflexem pro stanovení hloubky anestezie a kvality analgezie. Pro posouzení analgezie však není zcela směrodatný zejména při úvodu do anestezie inhalačními anestetiky, poněvadž jejich vlivem může být pedální reflex vymizelý i při nedostatečné úrovni analgezie.

### 5.1.4. Barva sliznic a CRT

Sliznice by měly být v průběhu anestezie růžové. Nejčastější změnou barvy sliznic je cyanóza vyvolaná nedostatečnou oxygenací v důsledku neadekvátní výměny plynů v plicích nebo při nedostatečné perfúzi sledovaných tkání. Rovněž CRT by mělo být při správné perfúzi v rozmezí 1–2 s. K prodloužení CRT dochází zpravidla v důsledku špatné perfúze.

### 5.1.5. Produkce slz

Produkce slz se s prohlubující anestézií snižuje, během stadia chirurgické anestezie se pak zcela zastavuje. Vzhledem k tomu, že většina zvířat má během anestezie otevřená víčka, je nutné u dlouhotrvajících anestézií rohovku ošetřovat preparáty na bázi umělých slz.

### 5.1.6. Reakce na bolest

**Reakce na operační řez** mizí s přechodem do stadia chirurgické tolerance, úplně vymizí ve 2. stupni 3. stadia.

**Reakce na manipulaci s peritoneem** je hlavním parametrem hodnocení kvalitní analgezie. Bez jejího dostatečného zajištění nemizí reakce na manipulaci s peritoneem ani při hluboké chirurgické anestezii. Je však výrazně oslabena. Vymizí až s přechodem do paralytického stadia anestezie. Při některých zákrocích (tah za *lig. suspensorium ovarii*) může i pacient v hluboké anestezii (bez kvalitní analgezie) reagovat bolestivě například přechodným zvýšením dechové nebo srdeční frekvence.

## 5.2. Přístrojový monitoring

Přístrojový (elektronický) monitoring může poskytnout řadu důležitých informací o pacientovi, často však zcela nenahradí monitoring klinický. Pro správnou interpretaci naměřených hodnot je nutná perfektní znalost přístrojového vybavení i s eventuální eliminací chyb měření, kterými je přístrojový monitoring relativně často zatížen.

### 5.2.1. Kardiovaskulární monitoring

**Elektrokardiografie** je základní přístrojovou monitorovací metodou v průběhu anestezie. Podle typu výkonu a náročnost monitoringu se volí různé typy EKG monitoringu, pro běžné sledování je však dostačující 3-svodové EKG, kdy jsou jednotlivé elektrody nalepeny do oblasti srdce. Pokud je to z technických důvodů vyloučeno, lze tyto 3 svody lepit i na končetiny, EKG nám však v tomto případě poskytuje informaci pouze o srdeční frekvenci a srdečním rytmu bez možnosti odečtu dalších parametrů, jako např. elevaci ST segmentu apod.

**Arteriální krevní tlak** lze měřit neinvazivně nebo invazivně. Neinvazivní měření – klasické oscilometrické měření krevního tlaku (manžetou) je u prasat téměř vyloučeno, z neinvazivního měření tedy přichází v úvahu pouze měření Dopplerem, poskytující informaci pouze o hodnotě systolického tlaku.

Invazivní měření krevního tlaku podmiňuje arteriální přístup. Nejjednodušší arteriální přístup je dostupný na ušní arterii nacházející se na dorzální straně ušního boltce. Signál z této arterie však může být rušen (tlumen), proto se pro důsledné sledování kardiovaskulárních parametrů používá *a. carotis communis* nebo *a. femoralis*. Prvně jmenovanou je zpravidla nutno preparovat chirurgicky, druhou jmenovanou lze punktovat i perkutánně Seldingerovou technikou. Normální hodnoty arteriálního krevního tlaku jsou u prasat srovnatelné s humánní medicínou.

Pro měření venózního tlaku je u prasat využíván pouze **centrální venózní tlak**, který je měřen před pravou předsíní katétretem zavedeným přes *v. jugularis*. Tuto žílu je však u prasat nutno preparovat ve ventrální straně krku. Hodnoty CVP

(*Central venous pressure*) jsou u prasat srovnatelné s ostatními druhy zvířat včetně člověka.

Pro měření základních **hemodynamických parametrů** – srdečního výdeje, tlaku krve v plicnici a tlaku v zaklínění společně s výpočtem srdečního indexu se provádí po zavedení Swan-Ganzova katétru přes *v. jugularis*. Standardní metodou je zpravidla termodiluce, *v. jugularis* je nutno preparovat.

**Pulsní oxymetrie** - měření saturace tkáně kyslíkem ( $SpO_2$ ) se provádí čidlem napojeným na dobře prokrvenou nepigmentovanou tkáň, nejčastěji na ucho, jazyk, nebo ocas. Hodnota saturace tkáně kyslíkem je závislá na výměně plynů v plicích a na perúzi měřené tkáně. Může být proto poměrně výrazně ovlivněna medikací alfa-2 agonisty (xylazin, medetomidin) způsobujícími periferní vasokonstrikci. Hodnoty  $SpO_2$  by se měly pohybovat v rozmezí nad 90 %. Nižší hodnoty svědčí pro tkáňovou hypoxii, u hodnot pod 80 % je hypoxie život ohrožující.

### 5.2.2. Respirační monitoring

**Kapnometrie** je v klinické praxi metoda měření koncentrace  $CO_2$  na konci výdechu ( $ETCO_2$  – *End Tidal  $CO_2$* ). Hodnoty  $ETCO_2$  jsou velmi blízké hodnotám  $p_aCO_2$ . Jsou odrazem výměny  $CO_2$  v plicích (plicní ventilace) a plicní krevní perfúze.  $ETCO_2$  se měří čidlem napojeným na ústí endotracheální rourky zavedené v pacientových dýchacích cestách. Hodnoty  $ETCO_2$  by se měly pohybovat v rozmezí 30–40 mmHg (4,0 – 5,3 kPa). Mimo kapnometrie – numerické hodnoty, je přínosná i kapnografie – křivka zobrazující kolísání hodnot  $CO_2$  v závislosti na čase. Z této křivky lze vyčíst řadu abnormalit a komplikací ventilace i perfúze pacienta

**Spirometrie** se měří čidlem napojeným podobně jako kapnometrické čidlo na ústí endotracheální rourky. Spirometrií jsou odečítány přesné hodnoty dechového objemu pacienta ( $V_T$  – *Tidal Volume*), jeho dechové frekvence, tlaku v dýchacích cestách a průtoku plynů, na základě čehož monitor vypočítá další parametry, jako např. minutový dechový objem ( $MV$  – *Minute Volume*) nebo plicní poddajnost (*compliance*).

Moderní monitorovací přístroje jsou vybaveny i **analýzou inhalačních anestetik**, která stanoví jejich přesnou aktuální koncentraci v dýchacím okruhu pacienta. Získané hodnoty pak lze porovnávat s minimální alveolární koncentrací inhalačních anestetik. Skutečné – naměřené hodnoty se totiž mohou u selat a prasat malých hmotnostních kategorií v závislosti na průtoku plynů výrazně lišit od hodnot nastavených na odpařovačích anestetik.

### 5.2.3. Teplotní monitoring

Pro vedení anestezie má význam zejména kontinuální měření teploty po celou dobu anestezie teplotní sondou zavedenou do rekta nebo do jícnu nad bázi srdeční (teplota tělesného jádra). Změny v teplotě jsou velmi významné pro posouzení periferní perfúze tkáně a pro tepelnou bilanci organismu pacienta.

### 5.2.4. Monitoring myorelaxace

Myorelaxace se měří při použití kuraremimetik. Slouží jako indikátor stupně myorelaxace, eventuálně nutnosti použití antagonisty. Myorelaxace se měří formou **akceleromyografie**, kdy se dvě čidla se připojují zpravidla na distální část pánevní končetiny a dvě na její proximální část k průběhu *n. peroneus*.

Využívá se zejména technika *Train of Four* (TOF), výjimečně i tetanické kontrakce.

## 6. KOMPLIKACE CELKOVÉ ANESTEZIE

Při anestezii prasat se vyskytují podobné komplikace, jako při anestezii ostatních druhů zvířat nebo člověka. Nejčastěji se vyskytují komplikace respirační, kardiovaskulární, teplotní, neuromuskulární a metabolické.

### 6.1. Respirační komplikace

Mezi respirační komplikace patří zejména **bradypnoe** a **apnoe**, které se řeší umělou plicní ventilací pacienta (kap. 4.). Pokud se při anestezii vyskytne **tachypnoe**, je nutno hledat její příčinu v nedostatečné hloubce anestezie, nedostatečné analgezii nebo abnormalitách vnitřního prostředí organismu (acidobazické abnormality).

Mezi respirační abnormality lze zařadit i **hypoxii** nebo **hyperkapnii**. Obě abnormality se rovněž řeší umělou plicní ventilací pacienta, pokud dochází k prosté hypoxii, je řešením umístění zvířete do kyslíkového boxu, kyslíková maska nebo zavedení intranasálního kyslíkového katétru (kyslíková sprcha). V případě **bronchokonstrikce** lze podat aminofylin 5 mg/kg i.v.

### 6.2. Kardiovaskulární komplikace

Z kardiovaskulárních komplikací nutno jmenovat bradykardii, tachykardii, srdeční arytmie, hypotenzi nebo hypertenzi. Nejzávažnější komplikací anestezie je kardiopulmonální zástava (CPA – *Cardiopulmonary Arrest*), která pacienta neuprostě ohrožuje na životě a jejíž řešení (včetně defibrilace) je u prasat ve srovnání s ostatními druhy zvířat mnohem více problematické.

**Bradykardii** u prasat korigujeme většinou atropinem 0,05 mg/kg i.v., ve výjimečných případech lze srdeční frekvenci zvýšit i i.v. podáním ketaminu. **Tachykardie** vzniká podobně jako tachypnoe zpravidla v důsledku nedostatečné anestezie a analgezie nebo při abnormalitách vnitřního prostředí zvířete, měla by být proto řešena kauzálně. Symptomaticky lze tachykardii řešit metoprololem 1 mg/kg i.v.

Relativně častou komplikací anestezie jsou **srdeční arytmie** různých typů a forem. Pro jejich korekci je doporučována aplikace bretylia 3–5 mg/kg i.v., amidaronu 10–12 mg/kg i.v. + 0,5 mg/kg/h nebo lidokainu 2–4 mg/kg i.v. + infúze 0,3 mg/kg/h i.v. Supraventrikulární arytmie lze korigovat dioxinem 0,01–0,04 mg/kg i.v. Letální arytmie – elektromechanickou disociaci nebo fibrilami síní řešíme defibrilací 10 J interní, 200 J externí, u níž po neúspěšných impulsech stupňujeme intenzitu výboje. Defibrilace má však u prasat, zejména u některých plemen (miniaturní prasata), úspěšnost relativně nižší než u jiných druhů zvířat nebo člověka.

Další poměrně častou kardiovaskulární komplikací anestezie je hypotenze nebo hypertenze. **Sníženou kontraktilitu srdce** můžeme korigovat kalciumchloridem 5–7 mg/kg pomalu i.v.. **Hypotenzi** řešíme nejprve infúzní terapií krystaloidy a plasmaexpandéry (hydroxyetylskrob), pokud je odezva nedostatečná, lze

aplikovat dopamin 0,002–0,02 mg/kg/min i.v. nebo dobutamin 0,0025–0,01 mg/kg/min i.v. **Hypertenzi** lze korigovat nitroprusidem sodným 0,0005–0,0008 mg/kg/min i.v. nebo metoprololem 1 mg/kg i.v.

### 6.3. Teplotní komplikace

Mezi teplotní komplikace anestezie prasat patří hypotermie a hypertermie. **Hypotermie** se řeší vyhříváním pacienta v průběhu anestezie a při probouzení z anestezie za použití vyhřívacích vodních nebo horkovzdušných podušek, při probouzení infrazářiči.

Druhou, závažnější a hůře řešitelnou teplotní komplikací je **hypertermie** vyskytující se formou prosté nebo maligní hypertermie. **Maligní hypertermie** se od prosté hypertermie poněkud liší. Vzniká narušením metabolismu ATP a kalcia. V souvislosti se stresem je u prasat relativně častá a riziková. Problematická jsou zejména plenema landrase, yorkshire a pietrain. Vzniká v důsledku stresu nebo působením řady anestetik nebo myorelaxancií. Látkou volby při maligní hypertermii je dandrolen 5 mg/kg i.v., který blokuje uvolňování kalcia ze sarkoplazmatického retikula. Současně by měla být prováděna i důsledná infúzní terapie a zchlazování zvířete (vnější, vnitřní), případně jeho napojení na umělou plicní ventilaci, která výrazně snižuje tělesnou teplotu.

### 6.4. Metabolické komplikace

U prasat se mohou při anestezii vyskytovat **anomálie acidobazické rovnováhy** všech forem. Mezi nejčastější patří acidóza. V případě respiračních příčin se řeší úpravou ventilace pacienta (umělou plicní ventilací), u metabolických příčin pak podáním bikarbonátu sodného 1 mEq/kg + 0,5–1 mEq/kg/h. v některých případech se doporučuje podání třetiny dávky s následnou kontrolou acidobazického stavu organismu.

Další poměrně závažnou metabolickou komplikací vyskytující se u prasat poměrně často je **hypoglykémie**. Koriguje se i.v. infúzí 5% glukózy 1–2 g/kg s Ringer-laktátem v poměru 1 : 1.

### 6.5. Neuromuskulární komplikace

Mezi neuromuskulární komplikace patří zejména **svalová ztuhlost** nebo **křeče**. Vyskytují se často v souvislosti s medikací disociačními anestetiky, mohou se však vyskytovat i při neurochirurgických výkonech. Tyto stavy lze při anestezii korigovat podáním myorelaxancií (kap. 3.6.), což však podmiňuje umělou plicní ventilaci pacienta, pooperačně lze svalovou ztuhlost a křeče korigovat benzodiazepiny, u nerizikových pacientů i alfa-2 agonisty.

## 7. PERIANESTETICKÁ PÉČE

Perianestetická péče zahrnuje období před anestezí (předanestetická příprava, hladovka, ustájení, medikace), samotný průběh anestezie i postanestetické období do doby, kdy je pacient schopen samostatně se zařadit zpět do běžného života.

## 7.1. Péče o pacienta před anestezií

Prasata jsou zvířata, která velmi snadno trpí stresem výrazně ovlivňujícím úvod a vedení anestezie i průběh a výsledek samotného (chirurgického) výkonu. Je proto vhodné manipulovat s prasaty před úvodem do anestezie pokud možno co nejméně, podle možnosti jim podat anxiolyticky působící látky – ataraktika diazepam nebo midazolam. Běžně používaná Jílkova smyčka pro fixaci prasat pouze zvyšuje jejich stresovou zátěž a je nutná pouze pro i.v. aplikaci anestetik nebo fixaci zvířat pro následnou indukci do anestezie inhalačně – anestetickou maskou. I.m. aplikace anestetik a látek pro premedikaci je přitom zpravidla proveditelná bez jakékoliv manipulace s pacientem.

### 7.1.1. Cévní přístup

Pro intravenózní přístup jsou nejdostupnější ušní žíly nacházející se na ventrální části ušního boltce. V případě jejich poškození lze zajistit cévní přístup i na jiné dostupné periferní žíle – např. na končetinách (v. *cephalica antebrachii*, v. *saphena medialis*).

Zajištění žilního (i arteriálního) přístupu do v. *femoralis* je možné Seldingerovou technikou. Pro přístup k v. *jugularis* a následně pro centrální žilní katetrizaci je však nutno uvedenou cévu preparovat.

Přístup do ušních žil lze zajistit i u prasat při plném vědomí, přístup do ostatních žil však vyžaduje hlubokou sedaci nebo celkovou anestezii prasat.

### 7.1.2. Poloha a umístění pacienta

Poloha prasat při úvodu do anestezie (cévní katetrizaci a endotracheální intubaci) závisí na preferenci lékaře a charakteru prováděného výkonu. Obecně však lze konstatovat, že dorzální (hřbetní) poloha je pro většinu prasat nefyziologické a může být zdrojem řady problémů zejména při kardiovaskulárních výkonech.

Vzhledem k omezenému osrstění mají prasata sklony k hypotermii na straně jedné, vzhledem ke stresu pak k hypertermii na straně druhé. V průběhu anestezie by proto měla být udržována termostabilita pacienta vodními nebo horkovzdušnými vyhřívacími systémy v rozmezí 38–39 °C, rektální teplota by v žádném případě neměla klesnout pod 36 °C.

## 7.2. Péče o pacienta během anestezie

### 7.2.1. Endotracheální intubace

Endotracheální intubace prasat je ve srovnání s ostatními druhy zvířat komplikovanější kvůli hlouběji uloženému vstupu do hrtanu. Pro intubaci jsou proto doporučovány rovné laryngoskopické lžice (Millerův typ) delších rozměrů (až 25 cm) než pro humánní medicínu. Také samotné endotracheální rourky by měly být delší, u prasat menších hmotnostních kategorií jsou dostačující humánní nasotracheální rourky, u prasat vyšších hmotností je často nutností běžnou endotracheální rourku prodloužit. Pro většinu experimentů jsou dostačující endotracheální rourky o vnějším průměru 4,5–8,0 mm (pro 20–30 kg prasata rourky 6,5–7,5 mm).

Samotná intubace probíhá zpravidla pod vizuální laryngoskopickou kontrolou, možno je však intubovat i naslepo pod palpační kontrolou. Jistou obtíž při intubaci prasat mohou způsobovat vchlípeniny sliznice hrtanu – *ventriculi*

*laryngis medianus et lateralis*, do nichž může konec endotracheální rourky sklouznout, což intubaci komplikuje. Oblast hrtanu se navíc ve srovnání s ostatními zvířaty také poměrně snadno traumatizuje (při použití rourek příliš velkých průměrů nebo při neadekvátní síle zavádění rourky do dýchacích cest), což může způsobit krvácení do oblasti hrtanu.

### **7.2.2. Infúzní terapie**

Při každé anestezii, s výjimkou krátkodobých výkonů, by měla být prasatům zajištěna adekvátní infúzní terapie. Volba infúzního roztoku, množství a rychlosti jeho podávání zpravidla závisí na dané situaci a prováděném výkonu. Obecně však lze doporučit pro běžné výkony roztok isotonické infúzní roztoky – např. Ringer-laktát podávané v množství 5–10 ml/kg/h. Pro zajištění pouhé průchodnosti i.v. katétru je přitom dostačující množství 3–5 ml roztoku.

### **7.3. Péče o pacienta po anestezii**

Postanestetické období zahrnuje dobu od ukončení podávání anestetik až do úplného probuzení pacienta. To by mělo probíhat podobně jako usínání v klidném temperovaném izolovaném postanestetickém boxu. Pacientovi se odstraní endotracheální rourka až po obnovení jeho polykacího reflexu.

Po úplném probuzení prasete se eventuálně odstraní všechny katétry (pokud již nejsou potřebné pro další terapii a monitoring). Infúzní terapie by po anestezii měla být ukončena až tehdy, kdy je pacient sám schopen přijímat tekutiny. Zejména u malých prasat je vhodné kontrolovat hladinu krevní glukózy, neboť tato zvířata mohou mít sklony k hypoglykémii.

Pacient ve fázi probouzení by měl být pod neustátým dohledem, neboť v této fázi anestezie se mohou vyskytovat závažné anestetické komplikace.

### **7.4. Pět bodů pro bezpečnou anestezii a perioperační období**

Při každé anestezii (i anestezii vedené intramuskulární reapplikací) bychom měli dodržovat následujících 5 bodů.

1. pacient musí mít zaveden i.v. katétr
2. pacient musí být endotracheálně intubován
3. musíme být schopni podat pacientovi v případě komplikací čistý kyslík
4. musíme být schopni pacienta uměle ventilovat
5. musíme být schopni zvládnout kardiopulmonální a mozkovou resuscitaci

Ad 1. – je popsáno v kap. 7.1.1.

Ad 2. – je popsáno v kap. 3.8.3.

Ad 3. – při každé anestezii bychom měli být schopni při výskytu hypoxie podat pacientovi kyslík. Kyslík lze podávat z inhalačního anesteziologického přístroje, z tlakové láhve nebo ze speciálního kyslíkového generátoru přes endotracheální rourku, intranasálním katétrem nebo kyslíkovým límcem.

Ad 4. – ventilace pacienta není podmíněna pouze použitím ventilátoru. Nejsnazší zajištění umělé ventilace je možné manuálně ambuvakem (resuscitačním vakem), který by měl být součástí každého pracoviště provádějícího anestezii.



Ad 5. – včasné zahájení a správné a rychlé provedení kardiopulmonální a mozkové resuscitace zvyšuje šance na přežití pacienta. Jeho provedení je u prasat podobné ostatním druhům zvířat včetně člověka.

## **8. DOPORUČENÉ ANESTETICKÉ PROTOKOLY**

Jednotlivé doporučené anestetické protokoly jsou závislé na charakteru prováděného výkonu, na vybavení pracoviště a zkušenostech a schopnostech anesteziologa.

### **8.1. Anestezie pro krátkodobé výkony**

Níže uvedené anestetické protokoly jsou vhodné pro jednodušší výkony jejichž operační čas nepřesahuje 60–90 minut. Pro tuto anestezii není nezbytné náročné vybavení včetně anestetického přístroje. Podmínkou je však dodržení bodů uvedených v kap. 7.4.

Diazepam 2 mg/kg i.m. + ketamin 15 mg/kg i.m.

Midazolam 0,5 mg/kg i.m. + ketamin 33 mg/kg i.m.

Azaperon 2 mg/kg i.m. + ketamin 15 mg/kg i.m.

Xylazin 2 mg/kg i.m. + ketamin 20 mg/kg i.m.

Medetomidin 0,2 mg/kg i.m. + ketamin 10 mg/kg i.m.

Xylazin 2 mg/kg i.m. + ketamin 2 mg/kg i.m. + zolazepam 2 mg/kg i.m. + tiletamin 2 mg/kg i.m.

Ketamin 2,2 mg/kg i.m. + tiletamin 2,2 mg/kg i.m. + zolazepam 2,2 mg/kg i.m.

Xylazin 2,2 mg/kg i.m. + tiletamin 2,2 mg/kg i.m. + zolazepam 2,2 mg/kg i.m.

### **8.2. Anestezie pro akutní experimenty (bez nutnosti přežívání)**

Tato anestezie je velmi jednoduchá, doporučována pro akutní nenáročné experimenty, které jsou zpravidla zakončeny eutanázií zvířete.

(Atropin 0,05 mg/kg s.c.) + acepromazin 1,1 mg/kg i.m., s.c. + ketamin 33 mg/kg i.m., vedení tiopental 3–30 mg/kg/h i.v., současná medikace analgetiky (opioidy, NSAID) může snížit dávku barbiturátů až o 50 %.

### **8.3. Anestezie pro výkony bez sledování fyziologických parametrů**

(Atropin 0,05 mg/kg s.c.) + acepromazin 1,1 mg/kg i.m., s.c. + ketamin 33 mg/kg i.m., vedení isofluran 1,5–2 % ve směsi kyslíku nebo kyslík/vzduch nebo isofluran 0,5–1,5 % ve směsi kyslík/oxid dusný (1 : 2).

### **8.4. Anestezie pro výkony se sledováním fyziologických parametrů**

Úvod isofluranem 3–5 % anestetickou maskou, vedení isofluranem 0,5–1,5 % ve směsi kyslík/oxid dusný (1 : 2). Tento protokol má minimální vliv na hemodynamické parametry pacienta.

### **8.5. Anestezie pro kardiovaskulární výkony**

Ketamin 33 mg/kg i.m., s.c., úvod isofluranem 3–5 % anestetickou maskou, vedení isofluranem 0,5–1,5 % ve směsi kyslík/oxid dusný (1 : 2), v průběhu manipulace se srdcem a velkými cévami je doporučováno aplikovat každých 30 minut bretylium 5 mg/kg nebo amidaron 0,5 mg/kg/h i.v., v pohotovosti by přitom měl být defibrilátor a pomůcky pro kardiopulmonální resuscitaci.

### **8.6. Anestezie pro kardiovaskulární výkony s omezenou hemodynamikou**

Sufentanil 0,007 mg/kg i.v. bolus + 0,015 mg/kg/h i.v., ketamin 11 mg/kg i.v., vedení sufentanil 0,015–0,03 mg/kg/h, pro náročnější chirurgické výkony nutno doplnit isofluranem 0,5 %, podle potřeby atropin 0,02 mg/kg i.v. při bradykardii, v průběhu manipulace se srdcem a velkými cévami je doporučováno aplikovat každých 30 minut bretylium 5 mg/kg nebo amidaron 0,5 mg/kg/h i.v., v pohotovosti by přitom měl být defibrilátor a pomůcky pro kardiopulmonální resuscitaci.

### **8.7. Anestezie pro katetrizaci koronárních tepen**

Ketamin 33 mg/kg i.m., s.c., úvod isofluranem 3–5 %, vedení isofluranem 0,5–1,5 % ve směsi kyslík/oxid dusný (1 : 2), při posledním krmení zvířat před anestezí by měl být prasatům podán diltiazem 4 mg/kg p.o. a kys. acetylsalicylová 10 mg/kg p.o., v průběhu anestezie je vhodné podávat bretylium 5 mg/kg nebo amidaron 0,5 mg/kg/h i.v., navíc heparin 200 IU/kg i.v., před kanylací koronárních tepen je doporučována lokální pomalá infúze nitroglycerinu 0,2 mg.

## **9. ANALGEZIE PRASAT**

Neléčená nebo nedostatečně tlumená bolest vyvolává negativní působení na kardiovaskulární, gastrointestinální, neuroendokrinní a imunitní systém pacienta. Vlivem bolesti dochází sekundárně ke zvýšení hladiny kortisonu, což působí zpomalené hojení ran a omezení imunitní funkce organismu. Bolest aktivuje neuroendokrinní systém s následným vyplavením katecholaminů, glukagonu, insulinu a somatostatinu. Glukoneogeneze je výsledkem nerovnováhy mezi insulinem a glukagonem a zvýšenou hladinou katecholaminů a kortisolu. To vede k narušení metabolismu organismu pacienta i navzdory dostatečné nutriční dotaci, jehož následkem je katabolismus a kachexie. Nadměrná stimulace sympatiku může vyvolávat redistribuci krve z trávicího systému, narušit jeho motilitu a integritu sliznic. Následkem toho může docházet k bakteriálnímu přerůstání, malabsorpci, elektrolytovým abnormalitám a sepsi. Aktivace renin-angiotenzinového systému vede k retenci elektrolytů, zvýšení krevního tlaku a snížení perfúze ledvin. Spotřeba kyslíku myokardem je zvýšená, což bývá rizikové u zvířat se srdečním onemocněním. Může docházet i k uvolňování *tumor-necrosis* faktoru, vlivem čehož dochází k narušení endoteliální permeability a vzniku poruch hemokoagulace.

Bolest dělíme do 3 skupin – na somatickou (kosti, klouby, svaly a kůže), viscerální (poškození vnitřních orgánů) nebo neuropatickou (poškození periferního nebo centrálního nervového systému).

## 9.1. Hodnocení bolestivosti

Bolest lze hodnotit klinicky, přístrojově nebo laboratorně. Přístrojová detekce spočívá v posouzení změn EEG křivky a hodnot srdeční a dechové frekvence, případně i tělesné teploty. Laboratorní diagnostika spočívá ve stanovení plasmatických hodnot kortisonu. Pro běžnou praxi je významné odhalení bolesti na základě klinických změn pacienta.

Zvířata trpící bolestí mívají nahrbený, případně zkroucený postoj nebo stojí tak, aby ulevila bolestivému místu. Hlava je svěšená, často ji prasata tlačí do rohu, břicho mají vykasané. Delší dobu stojí nebo sedí, vleže zaujímají laterální polohu s nataženou hlavou. Mohou být i agresivní se snahou napadat ošetřující personál nebo utíkat. Silnější bolest bývá spojena s vokalizací a maniakálními pohyby. Zvířata se nerada pohybují, chůze bývá atypická, v závažnějších případech zvířata nejsou schopna chodit, případně ani vstát. V některých případech dochází až k automutilaci bolestivého místa.

Pooperační sledování a hodnocení bolesti u prasat je blíže popsáno v kap. 5.1.6.

## 9.2. Látky používané pro tlumení bolesti

Pro léčbu bolesti je použitelná řada látek, které lze z analgetického hlediska rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny látek řadíme farmaka s přímým analgetickým působením, po jejichž podání dochází k útlumu bolesti za všech okolností.

Do druhé skupiny látek patří farmaka, u nichž nelze definovat přímé analgetické působení. Po jejich podání však dochází ke spuštění kaskády patofyziologických jevů, jejichž výsledkem je rovněž analgezie. Mezi tyto látky patří např. antibiotika tlumící bolestivou zánětlivou reakci, spasmolytika uvolňující bolestivý spasmus a další.

Mezi základní látky používané obecně pro léčbu bolesti v užším slova smyslu, případně pro potenci analgezie řadíme opioidy, nesteroidní antiflogistika, lokální anestetika, disociační anestetika, alfa-2 agonisty, oxid dusný a steroidní antiflogistika. O většině z nich bylo pojednáno v kap. 2 a 3.

### 9.2.1. Nesteroidní antiflogistika

Nesteroidní antiflogistika (NSAID – *Non-Steroidal Anti Inflammatory Drugs*) jsou látky, které mimo svého analgetického působení mají i účinky antiflogistické, antiedematózní, antipyretické a v některých případech i antiendotoxemické (např. flunixin meglumin).

Tyto látky, běžně používané v humánní medicíně, však mohou však mít mimo svých žádoucích účinků i vlivy nežádoucí – především na mikrocirkulaci a tím i funkci ledvin a jater, negativně také ovlivňují integritu sliznice zažívacího traktu a krvesrážlivost (např. kys. acetylsalicylová). I přesto jsou nedílnou součástí pooperační terapie u prasat, kde se pro potenci analgezie kombinují zejména s opioidy.

Z nejpoužívanějších NSAID nutno uvést **kys. acetylsalicylovou** 10–20 mg/kg aplikovanou až 4x denně, **karprofen** 2 mg/kg s.c. 1x denně nebo 2–3 mg/kg p.o. 2x denně, **flunixin meglumin** 1–4 mg/kg s.c., i.m. 1x denně, **ketoprofen**

1–3 mg/kg s.c., i.m., p.o. 2x denně, **meloxicam** 0,4 mg/kg 1x denně nebo **fenylbutazon** 5–20 mg/kg p.o. 2x denně.

### 9.2.2. Tramadol

Mimo již zmiňovaných analgetik je vhodné zmínit se ještě o tramadolu – syntetické, centrálně působící látce, která je podobná opioidům, neřadí se však mezi ně. Váže se a působí na mí-opioidní receptory – samotná látka slabě, její metabolit však až 200x silněji. Proto je opioidními antagonisty (naloxon) antagonistovatelný pouze částečně. Je využíván pro tlumení středně silné až silné bolesti. Jeho analgetická potence je srovnatelná s meperidinem.

Může vyvolávat zvracení a průjem nebo obstrukci, v kombinaci s ostatními analgetiky i dechovou depresi. Podává se v dávkách 1–4 mg/kg p. o. 3x denně.

### 9.3. Způsoby tlumení bolesti

Léčba bolesti musí být dostatečně intenzivní a měla by být zahájena včas, nejlépe ještě před tím, než začne bolestivý stimul vůbec působit – tzv. **preemptivní analgezie**. Pro preemptivní analgezi lze přitom využít zejména lokální anestetika, opioidy, alfa-2 agonisty a nesteroidní antiflogistika. V rámci preemptivní analgezie je v každém případě nutno vyčkat, až nastoupí příslušná účinná hladina použitých analgetik.

Ideálním cílem analgetické terapie je přitom maximální útlum vnímání bolesti, čehož lze docílit pouze kombinací jednotlivých, výše uvedených analgetik formou tzv. **multimodálního analgetického přístupu** – současné tlumení bolesti různými látkami různými způsoby podání analgetik. Využívá se při tom multireceptorového přístupu – jednotlivá analgetika působí, často nezávisle na sobě, na odlišných cílových receptorech, kvůli čemuž dochází k vzájemné potenci jejich analgetického účinku.

#### 9.3.1. Cesty podání analgetik

Analgetika lze dlouhodobě podávat celkově enterálně – perorálně, *per rektum* nebo parenterálně – injekčně, inhalačně nebo transdermálně.

**Transdermální aplikace** analgetik se provádí výhradně fentanylem ve formě fentanylových náplastí. Používají se v dávce 0,005 mg/kg/h, jejich účinnost však může být u jednotlivých zvířat dosti variabilní. Účinek nastupuje po přilepení náplastí do 24 hodin, působí pak kolem 3 dnů, v některých případech i déle.

Druhou možností podání analgetik je cesta lokální. Tímto způsobem podáváme nejen lokální anestetika, ale také opioidy nebo alfa-2 agonisty, v případě epidurální analgezie lze využít i ketamin. Výhodou lokálního podání oproti podání celkovému je cílená silná analgezie s delším působením (ve srovnání s celkovým podáním) a menšími nežádoucími systémovými vlivy. Mezi nejčastěji používané techniky lokální analgezie patří epidurální anestezie/analgezie nebo interpleurální analgezie.

## 10. EUTANÁZIE

Eutanázie pacienta je úkon, který by měl být v souladu s právními aspekty (§ 5 zákona č. 246/1992 Sb. v jeho úplném znění). Pro eutanázii prasat nejsou přípustné metody způsobující bolest, nepřijatelné je i použití myorelaxancií,

strychninu, KCl, MgSO<sub>4</sub> a dalších. Eutanázie by měla být provedena pouze tak, aby byl pacient nejprve uveden do hluboké anestezie a následně mu byly vyblokovány jeho vitální funkce. Běžně se pro eutanázii prasat využívají barbituráty, při hromadných eutanáziích i oxid uhličitý.

Barbituráty (tiopental) působí ztrátu vědomí pacienta, zástavu jeho dechové činnosti, hypoxii a následný útlum vitálních center. Barbituráty působí depresivně přímo na mozkovou kůru a subkortikální struktury i na srdeční sval. Jejich nástup je velmi rychlý, vyžadují však intravenózní, u malých selat i intraperitoneální aplikaci. V běžné praxi se jako vhodný způsob humánní eutanázie prasat nabízí intravenózní aplikace **tiopentalu** 20–30 mg/kg s následným podáním přípravku **T 61**<sup>®</sup> obsahujícího 20% embutramid, 5% mebezoniumjodid, 0,5% tetrakain hydrochlorid a dimethylformamid.