



AF SENIORDYRLÆGE, PH.D.
HELLE HARDING POULSEN
INSTITUT FOR MINDRE
HUSDYRS SYGDOMME

MONITORERING AF HUND OG KAT VED TOTAL ANÆSTESI

Som et led i optimeringen af anæstesiforløbet for den enkelte patient bør anæstesimonitorering inkluderes. I yderste konsekvens kan manglende monitorering være medforårsagende til anæstesirelateret død, hvilket sker hos gennemsnitligt 0,17% af hundene og 0,24% af kattene (1). Nedenfor redegøres for rationalet bag og formålet med anæstesimonitorering samt hvilke vitale funktioner, der bør monitoreres og hvordan.

BAGGRUND

Incidensen af anæstesirelateret død (defineret som dødsfald inden for 48 timer efter anæstesiens afslutning fraregnet dødsfald, som alene kunne tilskrives inoperable tilstande eller præeksisterende medicinske lidelser) afhænger bl.a. af patientens kliniske status før anæstesi, og syge patienter har således en signifikant højere risiko for at dø sammenlignet med raske patienter (hunde: 1,33% kontra 0,05%; katte 1,4% kontra 0,11%). Størstedelen af dødsfald sker

i den postoperative periode og oftest inden for de første 3 timer postoperativt (1). I den refererede britiske undersøgelse identificeredes også risikofaktorer for anæstesirelateret død, og udover patientrelaterede forhold såsom dårlig fysisk status, høj alder, akutte operationer og komplekse procedurer, nævnes en reduceret risiko hvis en separat person forestår anæstesimonitoreringen, dvs. en anden person end den, der forestår proceduren/det kirurgiske indgreb.

Ultimativt er anæstesirelateret død det værst tænkelige udfald ved en anæstesi, men optimalt set er det ikke kun et spørgsmål om liv eller død, når kvaliteten af anæstesi evalueres. Ved enhver anæstesi balanceres de positive effekter af anæstesi mere eller mindre godt med de dårlige: bevidstløshed, analgesi og muskelafslappelse kontra depression af hjerte og respiration samt nedsat homeostase. For så vidt muligt at begrænse anæstesiens negative effekter på hjerte-kredsløb og respiration, er det nødvendigt med evaluering af anæstesiens kliniske påvirkning af patienten, og den mindst negative effekt opnås ved mindst mulig anæstesidybde til aktuelt stimulus.

FORMÅL

Formålene med anæstesimonitorering er at mindske bivirkningerne ved anæstesi, at sikre patientens velbefindende under og efter anæstesi, at bibeholde vitale parametre så tæt som muligt på normal fysiologiske værdier, at kunne justere anæstesidybden i takt med kirurgisk stimulus og at identificere anæstesikriser så tidligt som muligt, således at rationel terapi kan iværksættes i tide. Sammenfattende skal monitoreringen medvirke til, at anæstesen bliver så god som muligt med mindst mulig påvirkning af organernes funktion, således at chancerne for en fuldstændig og god opvågning maksimeres.

Tabel 1: Normalværdier for vitale parametre under anæstesi hos hund og kat.

Parameter	Normalværdi under anæstesi	
	Hund	Kat
Respirationsfrekvens (RR)	8-30/min	12-36/min
Respirationstype	Thoracoabdominal	Thoracoabdominal
ETCO ₂	35-45 mm Hg	32-40 mm Hg
Hjerte/pulsfrekvens (HR)	55-120/min	80-140/min
Middelblodtryk (MAP)	60-90mm Hg	60-90mm Hg
Diastolisk blodtryk (DAP)	40-70 mm hg	40-70 mm Hg
Systolisk blodtryk (SAP)	90-120 mm Hg	90-120 mm Hg
Arteriel hæmoglobins iltmætning SpO ₂	> 95%	> 95%
PaO ₂	> 100 mm Hg	> 100 mm Hg
Temperatur	37,5-39,2 C	37,8-39,2 C

I takt med at der foretages stadigt mere komplicerede og ofte langvarige kirurgiske indgreb, øges også behovet for perioperativ monitorering. Da komplikationer til anæstesi kan opstå for alle typer patienter uanset klinisk status, bør monitoreringen omfatte alle patienter under anæstesi.

PRÆANÆSTESIOLOGISK DATABASE

Forud for enhver anæstesi bør ligge et grundigt kendskab til patienten baseret på en solid database bestående af køn, alder, race, vægt, klinisk status, diagnoser, problemliste, medicinering, parakliniske fund, procedure samt evt. en præanæstesiologisk blodprofil, hvor bl.a. følgende funktionaliteter kan evalueres: anæstetika-bindingsevne, evne til ilttransport, metabolisme og ekskretion samt evt. andre relevante parametre (f.eks. elektrolytforstyrrelser, koagulationsanomalier). Herudover hører naturligvis en grundig klinisk undersøgelse med øget fokus på hjerte og kredsløb samt respirationssystem, da det primært er disse som deprimeres under anæstesi. Den kliniske undersøgelse fastslår også de kliniske basalværdier for vitale parametre, hvorfra de anæstesiologiske ændringer sker. Med udgangspunkt i patientens database vælges den mest optimale anæstesioprotokol, hvilket begrænser de farmakologisk forårsagede komplikationer.

INTRAOPERATIV MONITORERING

Anæstesimonitorering er helt basalt et spørgsmål om, at se fysiologiske sammenhænge i ændringer i parametre hos patienten, og som oftest skal flere parametre sammenholdes før facit (patientens status her og nu) kan genereres.

De vitale funktioner som skal monitoreres under anæstesi er følgende: ventilation, cirkulation, oxygenering og temperatur. Herudover evalueres en række af reflekser. En stor del af disse parametre kan ses, føles eller høres vha. simpelt apparatur eller slet og ret vore sanser. Andre parametre kan kun genereres ved brug af avanceret apparatur.

VENTILATION

For at opretholde tilstrækkelig ventilation, skal patienten være i stand til at respirere/blive ventileret, så der ikke opbygges CO_2 i organismen og dermed sker ændringer i blodets syre-base-balance.

Respirationsfrekvensen kan tælles ved observation af patientens thorax og/eller reservoirposen på anæstesiapparatet. En apnø-alarm tilsluttet tubus kan alarmere ved fravær af respiration, og kan give tryghed, såfremt en person forestår flere opgaver i forbindelse med arbejdet med anæsteserede dyr.

Auskultation af thorax med stetoskop eller oesophagusstetoskop (evt. med tilsluttet højtaler) kan ligeledes verificere respiration samt frekvens. Dybden og typen af respiration giver et fingerpraj dels om tilstrækkeligheden af respirationen og dels om dybden af anæstesen.

Hvorvidt der er tale om tilstrækkelig ventilation, således at der opretholdes normocapni kan være vanskeligt at evaluere ud fra respirationsfrekvens alene, og kan kun verificeres eksakt ved at måle blodets indhold af CO_2 (PaCO_2 ved blodgasmåling) eller ved at lave et estimat herfor. Ved normal temperatur og cirkulation samt fravær af lungelidelse vil slut ekspiratorisk CO_2 (end tidal $\text{CO}_2 = \text{ETCO}_2$) være et godt estimat for PaCO_2 . Ved forhøjet ETCO_2 (>45 mm Hg) er der tale om hypercapni og tilsvarende hypocapni ved $\text{ETCO}_2 < 35$ mm Hg for hund (< 32 mm Hg for kat). Hypocapni er direkte forbundet med cerebral hypoperfusion, hvorfor længerevarende hypocapni kan resultere i cerebral hypoxi (2). ETCO_2 måles vha. capnografi, hvor ekspirationsluften analyseres for indhold af carbondioxid vha. en sensor placeret mellem endotrachealtubus og anæstesigastilledningen. Resultatet af CO_2 -målingen kan angives som kontinuerlige numeriske CO_2 -værdier for hver ekspiration (capnometer) eller som en kurve, som afbilder respiration som en CO_2 -koncentrationskurve (capnograf). Et minutvolumen på 100-300ml/kg/min er oftest tilstrækkeligt til at opretholde normocapni samt tilstrækkelig oxygenering ved tilledning af iltberiget luft (3). Vejledende respirationsfrekvenser under anæstesi er 8-30/min. for hunde og 12-36/min. for katte, dog under hensyntagen til den anvendte anæstesiform, dyrets tilstand og typen samt dybden af vejtrækningerne.

Såfremt en patient ventileres vha. kunstig ventilation, bør ETCO_2 altid monitoreres for at sikre normoventilation.

CIRKULATION

Det ultimative mål for cirkulationen er at opretholde tilstrækkelig vævsperfusion, således at alt væv via det cirkulerende blod tildeles ilt og renses for affaldsstoffer. Blodtryk er den målbare parameter,

som giver os det bedste estimat på, hvor godt det står til med perfusionen i vævene – altså hvor god cirkulationen er.

Palpation af pulsfrekvens og -styrke giver vigtig information om anæstesiens depressive effekt på kredsløbet. Tilgængelige steder for palpation af puls er medialt på låret, dorsomedialt på metatarsus, palmart på metacarpus distalt for den store trædepude, ventrale halebasis og ventralt på tungen. En god pulskvalitet er karakteriseret ved at være stærk, rytmisk og ækval.

Pulsfrekvensen kan også genereres vha. et pulsoximeter, og hjertefrekvensen kan opnås vha. EKG eller hjerterauskultation (evt. med et oesophagusstetoskop med tilsluttet højtaler). Mange anæstetika deprimerer hjertefrekvensen dosisafhængigt, og monitorering af hjerte/pulsfrekvensen kan således være et udemærket mål for, hvorledes anæstesen deprimerer kredsløbet. Desværre påvirker mange anæstetika (bl.a. propofol, isofluran og sevofluran) også det perifere kredsløb ved at give en dosisafhængig vasodilatation, således at cirkulationen deprimeres mere end pulsfrekvensen indikerer. Dette skyldes sammenhænge mellem bl.a. hjertets slagvolumen, hjertefrekvens, blodtryk og den systemiske perifere modstand som er angivet i figur 1.

Et vigtigt supplement til hjerte- eller pulsfrekvens er kapillærfyldningstiden (CRT) og farven samt fugtighed af slimhinderne. CRT skal være 1 sekund og normale slimhinder er fugtige og lyserøde.

Ved længere anæstesiforløb og hos alment påvirkede patienter kan den basale kredsløbsmonitorering med fordel

Fig. 1: Sammenhæng mellem hjertefrekvens og blodtryk.

$$\text{CO} = \text{HR} * \text{SV}$$

$$\text{MAP} = \text{CO} * \text{SVR}$$

CO: Cardiac output

HR: Hjertefrekvens

SV: Hjertets slagvolumen

MAP: Middel blodtryk

SVR: Systemisk vaskulær modstand

suppleres med blodtryksmåling. Typisk måles blodtrykket non-invasivt med en blodtryksmanchet omkring et ben eller halen, og der gives tre blodtryk: diastolisk, middel og systolisk blodtryk. Det diastoliske blodtryk (DAP) skal så vidt muligt være højere end 40 mm Hg for at modvirke ventrikulær hypoxi, idet kranspulsårerne fyldes med blod under diastolen og ventriklen derved iltet. Middelblodtrykket (MAP) bør altid være over 60 mm Hg for at sikre tilstrækkelig perfusion (4), og dermed hindre lokal hypoxi med evt. celledød til følge. Det systoliske blodtryk skal for at sikre tilstrækkelig cerebral perfusion holdes over 90 mm Hg.

Stigninger i blodtryk er oftest et tegn på utilstrækkelig anæstesidybde/analgesi, idet blodtrykket stiger pga. øget aktivitet af det sympatiske nervesystem ved registrering af stimulus.

OXYGENERING

Hvis organismens celler i længere tid depriveres for ilt, vil der ske irreversible skader og på sigt celledød, som i yderste konsekvens kan være fatalt for patienten.

Forudsætningen for tilstrækkelig oxygenation af patienten er, at der sker en ilttransport fra omgivelser til lungealveolerne (respirationsafhængig) samt at denne alvolære ilt kan diffundere herfra til blodet i kapillærerne (koncentrationsgradientafhængig samt diffusionsafstandsafhængig), bindes til hæmoglobin (afhængig af hæmoglobinmængden og -typen) og transporteres rundt i organismen (cirkulations- og perfusionsafhængig).

Ved enhver anæstesi bør der pga. depression af respirationen tildeles ilt for at hindre hypoxæmi, som defineres som en arteriel ilttension (PaO_2) på mindre end 60 mm Hg. PaO_2 bestemmes ved invasive og vanskelige blodgasmålinger, men heldigvis kan pulsoxymetri anvendes til at give et noninvasivt mål for oxygeneringen.

Pulsoxymetri er en noninvasiv metode til bestemmelse af hæmoglobinet iltmætningsgrad samt som biprodukt pulsfrekvensen. Hæmoglobinet mætningsgrad (SaO_2) er bestemt af forholdet mellem mængden af deoxygeneret hæmoglobin [Hb] og oxygenet hæmoglobin [HbO_2], idet $\text{SaO}_2 = \text{HbO}_2 / (\text{HbO}_2 + \text{Hb})$

HbO_2 og Hb absorberer lys som kendte funktioner af lysets bølglængde, hvorfor forholdet mellem mængderne af de to bestanddele kan

beregnes. Ved indånding af atmosfærisk luft er PaO_2 80-100 mm Hg. Sammenhængen mellem PaO_2 og SpO_2 (hæmoglobinet iltmætningsgrad i % målt ved pulsoxymetri) er følgende:

$\text{PaO}_2 > 100$ mm Hg svarer til:

$\text{SpO}_2 = 98-100\%$

$\text{PaO}_2 = 60$ mm Hg svarer til:

$\text{SpO}_2 = 90\%$ Grænse for hypoxæmi)

$\text{PaO}_2 = 40$ mm Hg svarer til:

$\text{SpO}_2 = 70\%$

Cyanose er en relativ dårlig indikator for tilstrækkelig oxygenation, da der først ses klinisk cyanose ved PaO_2 under 50 mm Hg (5). Desuden kræves en desaturation af mindst 5g/dl hæmoglobin, hvorfor alvorligt anæmiske patienter ikke kan udvikle klinisk cyanose.

Anæsteserede patienter, som tilledes iltberiget luft skal således have en SpO_2 over 98%, da deres PaO_2 altid er mere end 100 mm Hg. Det eksakte mål for oxygeneringen PaO_2 kan kun evalueres, når den inspirerede ilt fraktion ($\text{F}_{\text{I}\text{O}_2}$) er kendt. Normal oxygenation er, når ratioen $\text{PaO}_2/\text{F}_{\text{I}\text{O}_2} > 300$. I tilfælde med lungelidelser kan en tilstrækkelig iltmætning (SpO_2) dog være foreneligt med hypoxæmi, når der tilledes ilt, da ovenstående ratio vil være for lav, hvis ilten ikke kan optages tilstrækkeligt i blodet.

TEMPERATUR

Opretholdelsen af en normal kropstemperatur er essentiel for at organismen kan fungere optimalt. Desværre er patienterne i smådyrspraksis oftest små og derfor under risiko for at udvikle hypothermi.

De mest almindelige årsager til hypothermi for smådyrene er følgende: små patienter med stor overflade kontra kropsvægt, nedsat varmeproduktion, varmetab under forberedelse til operation (inaktivitet, kolde omgivelser, vask), varmetab under operation (kold anæsthesigasblanding, åben abdomen/thorax, ændret termoregulering (alfa-2-adr-energe-agonister)) samt varmetab under opvågningen.

De kliniske konsekvenser af hypothermi er nedsat metabolisme, som påvirker at der er et nedsat anæstesebehov, en øget opvågningstid og et nedsat iltforbrug. Herudover ses karkontraktion, som resulterer i nedsat perifer perfusion og vanskelig monitorering samt kulderystelser (shivering), der giver et øget iltforbrug.

Temperaturen måles mest korrekt

ved at måles kroppens kernetemperatur med en temperaturprobe placeret i oesophagus, hvilket også genererer en kontinuerlig temperatur, som er ønskværdi ved brug af meget aggressive eksterne varmekilder (f.eks. Bear-hugger). Rektaltemperaturen er også værdifuld, men kan være påvirket af afslappelse af analsphincteren sfa. anæstetikas effekt. Så vidt muligt bør varmetab begrænses (anvendelse af varmedunke, metalfolie, underlag med cirkulerende varmt vand, Bear-hugger m.fl.) og alle patienter med en kropstemperatur under 35 grader Celcius skal opvarmes aktivt. Ved lave kropstemperaturer øges risikoen for hjertearrytmier og asystole.

Hyperthermi er sjældent, men kan observeres hos store langpelsede hunde på varme dage, hos febrile patienter og ganske sjældent hos patienter med malign hyperthermi som reaktion på inhalationsanæstesi.

REFLEKSER

Uanset antallet af målbare parametre genereret vha. sanser eller avanceret apparatur, er anæstesimonitoreringen ikke komplet uden en vurdering af patientens reflekser. Øjenposition, palpebral/cilierefleks, kæbetonus og spontan bevægelse er kliniske tegn, som ganske nøjagtigt evaluerer anæstesidybden (tabel 2).

OPSUMMERING

Hvor ekstensivt monitoreringen af den enkelte anæstesi-patient bør være afhænger af mange faktorer, og i sidste ende af, hvilke muligheder der er tilgængelige. Generelt kan unge raske individer, som undergår korte procedurer klare sig med mindre monitorering som f.eks. monitorering af hjertefrekvens, respirationsfrekvens, evaluering af slimhinder, pulsoxymetri, måling af temperatur ved procedures afslutning samt evaluering af reflekser. Ved længere procedurer eller hos syge patienter bør basismonitoreringen suppleres af blodtryksmåling til evaluering af cirkulationen, capnometri/capnografi for at sikre tilstrækkelig ventilation samt evt. EKG. Resultaterne af monitoreringen bør journaliseres i et skema til brug for evaluering af trends og til senere dokumentation.

REFERENCER

1. Brodbelt, D. "Morbidity and Mortality in Small Animal Anaesthesia", *Proceedings*,

- British Small Animal Veterinary Congress 2006.
2. Muir, W.W. "Ch. 17: Cardiopulmonary-Cerebral Resuscitation (CPCR) in Dogs and Cats" in "BSAVA Manual of Canine and Feline Emergency and Critical Care, 1st. ed. 1999, p.258.
 3. Moens, Y. and Coppens P. "Ch. 7: Patient monitoring and monitoring equipment" in "BSAVA Manual of Small Animal Anaesthesia and Analgesia, 2nd. ed. 2007 p. 76.
 4. Moens, Y. and Coppens P. "Ch. 7: Patient monitoring and monitoring equipment" in "BSAVA Manual of Small Animal Anaesthesia and Analgesia, 2nd. ed. 2007 p. 73.
 5. Waddell, L. and King, L. "Ch. 5: General approach to dyspnoea" in "BSAVA Manual of Canine and Feline Emergency and Critical Care, 1st. ed. 1999, p. 66.
 6. Moens, Y. and Coppens P. "Ch. 7: Patient monitoring and monitoring equipment" in "BSAVA Manual of Small Animal Anaesthesia and Analgesia, 2nd. ed. 2007 table 7.3 p. 64.

Tabel 2: Kliniske tegn til bestemmelse af anæstesidybde. Øjenposition, palpebral refleks og kæbetonus er de mest præcise mål til bestemmelse af anæstesidybde. Hjertefrekvens og respirationsfrekvens kan være influeret af mange andre faktorer. Disse tegn er ikke valide ved brug af dissociative anæstetika. Tabel modificeret fra BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia (6).

Parameter	Let anæstesi	Tilstrækkelig anæstesi	Dyb anæstesi
Øjenposition	Central	Roteret ventralt	Central
Palpebral refleks	Ja	Nej	Nej
Kæbetonus	Ja	Nej	Nej
Spontan bevægelse	Mulig	Fraværende	Fraværende
Cornea	Fugtig	Fugtig	Tør
Hjertefrekvens	Oftest øget		Oftest nedsat
Respirationsfrekvens	Oftest øget		Oftest nedsat
Hæmodynamisk og/ eller respiratorisk reaktion på kirurgisk stimulation	Ja	Oftest nej	Nej