

Keringésélettan az aneszteziológus szemével

Dr. Ambriskó Tamás

Aneszteziológus szakállatorvos
Massey Egyetem, Új-Zéland

Késő nyári meleg fogadott január 22-én, amikor megérkeztem Új-Zélandra. Azért utaztam ide, hogy betöltssem új állásomat a Massey Egyetem Állatorvosi Karán. A munkaköröm klinikai aneszteziológia, aneszteziológia oktatás és kutatás. A Massey Egyetem Új-Zéland északi szigetén, Palmerston North városában van. Új-Zélandon ezen az egy egyetemen folyik állatorvosképzés. Évente körülbelül 100 állatorvost képeznek itt, és az itt szerzett állatorvosi diploma Amerikában is elfogadott. A klinikum forgalma alacsonyabb, mint egy átlagos amerikai egyetemé, de a betegeket magas színvonalon látják el. Az alatt a pár hét alatt, amióta itt vagyok, már több súlyos rizikóbeteg volt szerencsém altatni. Az oktatási szezon februárban kezdődött, amiből én is jelentős részt vállaltam, ezért egyenlőre minden időmet leköti a munka. A nagy távolság és a magas útiköltség miatt nem lesz lehetőségem gyakran hazautazni, ezért Pintér doktor felkérésére elvállaltam, hogy nyilvánosságra hozom a tavaly Magyarországon tartott előadásaim anyagát. Az első rész a keringés élettanáról szól. Az altatott beteg biztonsága szempontjából az a legfontosabb, hogy a szövetek vér- és oxigénellátását folyamatosan biztosítsuk, ehhez pedig alaposan ismerni kell a keringés és a légzés működését.

A cardiovascularis szervrendszer fő célja a szövetek állandó és megfelelő vérperfúziója és oxigénnel való ellátása. Ehhez a keringés és a légzés szoros együttműködése szükséges. Ezt a fő célt szolgálja az altatott beteg monitorozása és támogatása.

A keringés fő alkotórészei a szív, a vérerek és maga a vér. A keringés két különálló rendszerből, a kis és a nagy vérkörből áll. A kis vérkör a jobb kamrából (JK) indul és a tüdőn

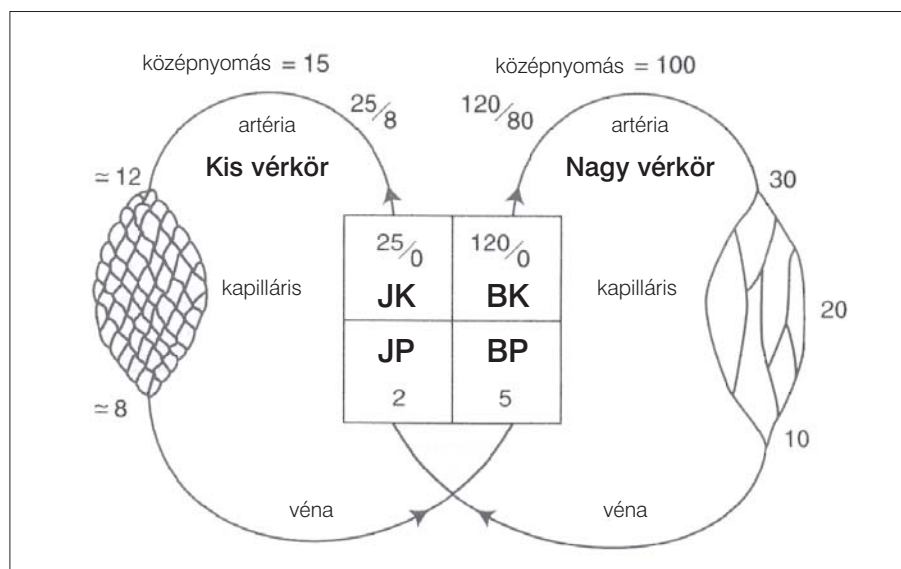
át a bal pitvarba (BP) vezet. Ez alatt a vénás vér oxigénnel telítődik. A nagy vérkör a bal kamrából (BK) a szisztémás kapillárisokon át a jobb pitvarba (JP) vezet. Ez alatt az artériás vér oxigént ad át a szöveteknek és a vér oxigéntartalma csökken. A keringés motorja a szív, mely ütemesen pumpáló funkciója során nyomáshullámot hoz létre a vérrendszerben. Ez a nyomáshullám sinus görbéhez hasonló. A hullám csúcsa a szisztolés nyomás, legmélyebb pontja a diasztolés nyomás, a

ciklus teljes ideje alatt átlagolt érték pedig a középnyomás. A vér áramlását leginkább a középnyomás határozza meg. A mellékelt ábra ezeket a középnyomás értékeket mutatja a keringés különböző pontjain Hgmm-ben kifejezve. A 120/80 és a 25/8 számok az artériás vérnyomás szisztolés és diasztolés értékeit jelentik a nagy és a kis vérkörben.

A klinikai anesztézia szempontjából az artériás középnyomás ismerete a legfontosabb. Ennek normál értéke 80-100 Hgmm, de altatott állatnál 60 Hgmm felett általában elfogadható. Külön megfontolás érdemel a diasztolés nyomás. A szívizom szisztolá alatt megfeszült állapotban van, ezért ez alatt a myocardium vérperfúziója lehetetlen. A szívizom a diasztolá ideje alatt kapja vérellátását és a perfúzió meghatározója a diasztolés vérnyomás. Ha ez a nyomás érték 40 Hgmm alá csökken, a szívizom vérellátása romlik, ami az altatott beteg életét veszélyeztetheti.

A pulzus tapintásakor az ún. pulzus nyomást érzékeljük, ami a szisztolés és a diasztolés nyomás különbsége. Ez a középnyomás meghatározására nem alkalmas, mert pl. 120/60-as vérnyomás ugyanúgy érződik mint 80/20 Hgmm. Ez utóbbi esetben azonban az állat hypotenziós és kezelésre szorul. A pulzus erősségének változása és egyáltalán a pulzus megléte azonban fontos tényezők, ezért a pulzus rendszeres tapintása javasolt az altatás alatt.

Ne értékeljük túl a vérnyomást, mint a biztonság fő meghatározóját. Ne felejtsük el, hogy a fő cél a szövetek perfúziója (véráramlás), ami a vérnyomáson kívül nagyban függ a vér ellenállásától is. Képzeliünk el egy egyszerű fizikai modellt, ami egy csőből áll, amin folyadék áramlik át. A cső egyik végén egy pumpa van, a másikon pedig egy ellenállás, ezért a csőben megnő a folyadék nyomása. Minnél gyorsabb a folyadék áramlása és minnél nagyobb az ellenállás, annál nagyobb lesz a nyomás a csőben. A cső a véreket szimbolizálja, a pumpa a szívet, az ellenállás pedig az arteriolák izmos falát. E szerint a modell szerint a vérnyomás egyenlő a véráramlás és az ellenállás szorzatával (Ohm törvénye). Az altatott betegnek az lenne a legjobb, ha a véráramlást is tudnánk mérni, ez azonban nem egyszerű. Klinikailag sokkal könnyebb a vérnyomást megmérni, ezért egyenlőre ez marad a legfontosabb paraméter, amit az altatás során monitoroznunk kell. Tartsuk azonban észben, hogy „jó” vérnyomás értékeket kaphatunk akkor is, ha erős vasoconstrictio miatt a szöveti perfúzió rossz. Ez történik akkor, ha pl. α_2 -agonistákat alkalmazunk (xilazin, medetomidin, detomidin etc.). A vasoconstrictio, a következményes bradycardia és a szöveti vérellátás romlása az α_2 -agonisták legfontosabb mellékhatása, ami súlyosan korlátozza használatukat. Más gyógyszerek viszont vasodilatációt és vérnyomás esést okozhatnak (pl: thiopental, pro-



pofol, inhalációs anesztetikumok), ami szintén rontja egyes szervek vérellátását. Ezen gyógyszerek használata során a vérnyomás mérése nagyon fontos.

A vasoconstrictio és vasodilatatio azonban nemcsak az artériákat, hanem a vénákat is érinti. Ez azért fontos, mert a nagy vérkör vénáiban gyűlik össze a keringő vértérfogat 70%-a. Ezen nagy vénák összehúzódása növeli a szív felé visszaáramló vér mennyiségét és javítja a szív pumpafunkcióját. Az ellenkezője is igaz, nagy mértékű vérérkitágulás során (pl. propofol, izoflurán használatakor) jelentős térfogatú vér „panghat” a nagy vénákban, ami nem tér vissza a szívhez, rontva a szív pumpafunkcióját és a szövetek vérellátását. Következésképpen a túlzott vérérkitágulás és a túlzott vérérösszehúzódás egyaránt káros.

A véráramlást a keringési perctérfogat fejezi ki, ami az egy perc alatt kipumpált vérmennyiséget jelenti literben kifejezve. Ez a keringés teljesítményének egyik fő paramétere. A keringési perctérfogat egyenlő a szívverés szám és a lökettérfogat szorzatával. A lökettérfogat a szív egyszeri összehúzódása során kilövellt vérmennyiséget jelenti. A megfelelő véráramlás fenntartása szempontjából ezért a szívverésszám és a lökettérfogat ideális értéken tartása egyaránt fontos.

Az ideális percenkénti szívverésszám macskákban 100-240, kis testű kutyákban 80-200, nagy testű kutyákban pedig 60-180. Ha ennél alacsonyabb a szívverésszám, akkor brady-

cardiáról, ha magasabb, akkor pedig tachycardiáról beszélünk. A bradycardia csökkentheti a keringési perctérfogatot, ezért kezelése indokolt lehet altatás alatt különösen, ha hypotensioval együtt fordul elő. A tachycardia szintén nem kívánatos, mert a diasztolé ideje csökken, ezért a szív vérellátása is csökken, ezzel egy időben pedig nő a szívizom oxigénigénye. Fontos azt is felismernünk, hogy a szív csak azt a vérmennyiséget tudja kipumpálni, ami visszatér hozzá a vénákon át. Ezért egy bizonyos ponton túl hiába próbáljuk fokozni a szív pumpafunkcióját. A vénás visszaáramlás fenntartásához pedig megfelelő mennyiségű keringő vértérfogatra (infúzió adása) és a vérérösszehúzódás megfelelő mértékére van szükség.

A lökettérfogatot meghatározza a preload, afterload és kontraktilitás. A preload a szívhez visszatérő vér (bal pitvar) nyomásával arányos, ami infúzió adásával növelhető. Minél nagyobb a preload, annál nagyobb lesz a lökettérfogat. Az afterload az az erő, ami ellen a szív dolgozik pumpálás közben. Az afterload arányos a vérérösszehúzódással, és minél nagyobb az értéke, annál kisebb lesz a lökettérfogat. A kontraktilitás a szívizom tulajdonsága, ami fokozható inotróp gyógyszerekkel (pl. dopamin, dobutamin, epinephrin), vagy csökkenthető egyes altatószetekkel (pl. thiopental, halothan, ketamin). Az altatott beteg biztonsága szempontjából a preload és a

kontraktilitás fenntartása vagy fokozása, és a túlzott mértékű afterload csökkentése fontos.

A fiatal állatok szíve nem képes a lökettérfogatot növelni, ezért a keringési perctérfogat nagyrészt a szívverésszámtól függ. Következésképpen a fiatal állatoknak magasabb a normális szívverésszámuk és érzékenyebbek a bradycardiára, mint a felnőttek, ezért ilyen esetben rutin atropinos premedikáció megfontolandó.

Ne felejtjük el azonban, hogy nem csak a szövetek vérperfúziója, hanem első sorban annak oxigénellátása a fontos. Ezért ismerünk kell a vér oxigéntartalmának fogalmát. A vérben az oxigén nagy része hemoglobinhoz (Hb) kötve, kisebb része pedig fizikailag oldva van jelen. A Hb-hoz kötött oxigén mennyisége függ a Hb koncentrációjától (egyszerűsítve a hematocrittől; Ht) és az oxigénszaturációtól (SatO₂). A vérplazmában oldott oxigén mennyisége pedig az oxigén parciális nyomásától függ. Normális Hb koncentrációt feltételezve egy dl vérben 20 ml oxigén (gáz) van jelen Hb-hoz kötve és 0,3 ml a plazmában oldva.

A teljes képlet ismerete talán szükségtelen a klinikus állatorvos számára, érdemes azonban tudnunk a rövidített változatát. A vér O₂ tartalma arányos a Ht és a SatO₂ szorzatával. Az alábbi táblázat klinikai lehetőségeket mutat be. A Ht és a SatO₂ metszésében találhatjuk a vér oxigéntartalmát. Láthatjuk, hogy

A Magyar Állatorvosok Világszervezete V. ló-gyógyászati konferenciája

Zsibó (Erdély) 2008. április 12.

Idegrendszeri betegségek

A konferencia célja a kollégák napi munkájához újabb hasznosítható ismereteket adni, ugyanakkor bemutatni azt is, hogy a világ élvonala hol tart az adott témakörben, rámutatva a továbbfejlődés lehetőségeire is.

- 9:00 Megnyitó
- 9:10 Sótorny Péter egyetemi tanár: A ló idegrendszerének anatómiája
- 11:30 Kávészünet
- 11:45 Bakos Zoltán gyakorló állatorvos: A ló idegrendszerének klinikai vizsgálata
- 12:30 Ebédszünet
- 14:00 Bakos Zoltán gyakorló állatorvos: A lovak nem fertőző eredetű agy- és gerincvelő betegségeinek klinikuma
- 15:30 Bakos Zoltán gyakorló állatorvos: A lovak fertőző eredetű agy- és gerincvelő betegségeinek klinikuma
- 16:30 Búza László igazgató-főállatorvos: A lovak takarmányozási eredetű idegrendszeri megbetegedései
- 17:15 Kérdések, megbeszélés

A Magyar Állatorvosi Kamara a rendezvényt 76 továbbképzési ponttal ismeri el.
Részvételi díj tagoknak: 4000.- Ft, nem tagoknak: 6000.- Ft, hallgatóknak: 2000.- Ft
A részvételi díj magában foglalja a kávészünet és az ebéd költségét.

Szállás Zsibón:

1 ágyas szoba 70 RON, azaz 5000 Ft, 2 ágyas szoba 100 RON, azaz 7000 Ft (3500 Ft/személy)

az oxigéntartalom akkor a legalacsonyabb, ha a Ht és a SatO₂ egyaránt alacsony.

	Ht = 45%	Ht = 20%
SatO ₂ = 100%	20 ml/dl	10 ml/dl
SatO ₂ = 60%	12 ml/dl	6 ml/dl

Klinikailag különösen fontos tehát, hogy az anémiás állapotokat ne hagyjuk deszaturálódni, mert nem fogják ezt az egészséges állatokhoz hasonlóan tolerálni. Anémiás állatok altatásakor az intubálás és tiszta oxigénnel való lélegeztetés indokolt.

Nem csak az számít, hogy mennyi oxigén van a vérben, hanem az is, hogy milyen gyorsan kering. A vér oxigénszállító kapacitása azt fejezi ki, hogy a vér hány ml oxigént szállít percenként. Az oxigénszállító kapacitás egyenlő a vér oxigéntartalmának és a véráramlás sebességének a szorzatával. A vér alacsony oxigéntartalma (anémia, vagy alacsony szaturáció) kompenzálható gyorsabb keringéssel. Ilyen beteg altatásakor a keringés hatékonysága legalább olyan fontos, mint a légzés. Ilyenkor javasolt ketamint választani az altatás bevezetésére, mert ez az altatószer felgyorsítja a keringést.

Ezt az első hallásra bonyolultnak tűnő összefüggést a vonat hasonlattal szokták szemléltetni. Képzeljünk el egy vonatot, ami A városból B városba egyfolytában oda-vissza menve árút szállít. Tételezzük fel, hogy a vonat minden kocsija egyformán van megrakva. Ekkor a vonat áruszállító kapacitása egyenesen arányos a vonat sebességével, a kocsik számával és a kocsik rakománnyal való teltségével. Ehhez hasonlóan, a vér oxigén szállító kapacitása függ a véráramlás sebességétől, a Ht-től és az oxigén szaturációtól.

Ahhoz, hogy gyógyszeresen be tudjunk avatkozni a keringés működésébe, ismernünk kell a keringés befolyásolásának receptorait.

Az α -1 és α -2 adrenoceptorok aktiválása vérerősszehúzódot hoz létre, ezáltal vérnyomás emelkedést és potenciálisan a szöveti vérellátás romlását idézheti elő. A β -1 adrenoceptor aktiválása növeli a kontraktilitást, a szívverésszámot és aritmogén hatása is van. A β -2 adrenoceptor aktiválása vérér és bronchostágító hatású, növeli a kontraktilitást, a szívverésszámot. Ezeknek következményeként tachycardiát és vérnyomás csökkenést idézhet elő. A dopamin receptorok aktiválása vérérkitágulást idéz elő és növeli a vese vérellátását. A muszkarin receptorok a paraszimpatikus idegrendszer végrehajtói, amelyek aktiválása többek között bradycardiát hoz létre.

Miután a hatások kiváltásáért felelős receptorokat ismerjük, könnyű lesz kitalálnunk, hogy milyen hatást várhatunk az egyes gyógyszerektől.

- Az epinephrin: α 1-2, β 1-2 hatású, növeli a szívverésszámot, a perctérfogatot és a vérnyomást. Aritmogén lehet. Hatása dóziszfüggő.
 - A mikro dózis (0,001-0,005 mg/kg) β hatást vált ki, ami növeli a perctérfogatot és a szívverésszámot. Vérnyomás emelkedés, de csökkenés is lehetséges a β -2 hatás miatt. Altatás során használhatjuk a vérnyomás és a szív teljesítményének növelésére, de nem ez az elsőként választandó szer.
 - A kis dózis (0,01-0,02 mg/kg) adásakor az α hatás erősebb, mint a β hatás, ezért a vérerősszehúzódot dominál, és vérnyomás emelkedés jön létre. A klinikumban ezt a dózist használhatjuk vészes bradycardia, macskánál asztmás roham kezelésére, anaphylaxiás sokk esetében és újraélesztésnél első körben.
 - A nagy dózis (0,1-0,2 mg/kg) adásakor a β hatás mellett nagyon erős az α hatás, ami együtt vérnyomás emelkedést,

tachycardiát és a szívizom oxigén igényének jelentős megemelkedését hozza létre. Újraélesztésnél használható, ha a kis dózis nem járt eredménnyel.

- A norepinephrin α 1-2 és β 1 hatású, jelentősen növeli a vérnyomást, a perctérfogatot viszont alig. Kólikás lovaknak adják hypotensio kezelésére, ha a phenylephrin infúzió adása eredménytelen.
- A dopamin dóziszfüggő hatású.
 - A kis dózis (1-3 μ g/kg/perc) dopamin receptor hatást hoz létre, ami csökkentheti a vérnyomást.
 - A közepes dózis (3-7 μ g/kg/perc) β hatást vált ki, ami növeli a perctérfogatot.
 - A nagy dózis (> 7 μ g/kg/perc) α hatást vált ki, ami vérerősszehúzódot és vérnyomásemelkedést hoz létre.
- A dopamint gyakran használják altatott kisállatoknál a hypotenzio kezelésére 5-10 μ g/kg/perc adagban. Dóziszfüggő vérnyomás emelkedést okoz, de vigyázzunk, mert nagy adagban rontja a szöveti perfúziót vérerősszehúzó hatása miatt. Szívbetegeknek nem ajánlott.
- A dobutamin nagyrészt β 1, kisebb mértékben β 2 hatású, ezért növeli a perctérfogatot, de vérnyomásemelő hatása a dopaminnál gyengébb. Szívbeteg kisállatoknál a szív pumpa funkció növelésére használható. Lovak altatásakor elsőként választandó szer hypotensio kezelésére.
- A phenylephrin hatása olyan, mint a norepinephriné csak gyengébb. Magyarországon sajnos injekciós készítménye nincs forgalomban.
- Az ephedrin hatása olyan mint az epinephriné, csak gyengébb. Magyarországon sajnos injekciós készítménye nincs forgalomban.
- Az atropin muszkarin receptor antagonist, növeli a szívverésszámot, bronchodilációt okoz, a légúti szekréciót csökkenti, a gyomor és bélmotilitást csökkenti és a cardia záróizom tónusát is csökkenti. Legfőbb indikációs területe a bradycardia kezelése.

Birkafarm Új-Zélandon (A szerző felvétele)



Klinikai összefoglaló

Fő cél a szövetek megfelelő vér perfúziójának a fenntartása, de ez klinikailag nem mérhető. A magas artériás vérnyomás nem garancia a megfelelő szöveti perfúzióra, de ha a vérnyomás értéke alacsony, az semmi esetre sem ideális. Ezért a vérnyomás mérése altatás során feltétlenül javasolt. Kerüljük azoknak a gyógyszereknek a használatát, amelyek erős vérerősszehúzódot okoznak (pl. α -2-agonisták, norepinephrin, nagy dózisú dopamin). Beavatkozásunkkal próbáljuk inkább a keringési perctérfogatot növelni dobutaminnal, vagy közepes dózisú dopaminnal. Mielőtt azonban vérnyomás növelő gyógyszereket alkalmaznánk, adjunk 10 ml/kg folyadék bólusokat és csökkentsük az altatószer koncentrációját.