



# Förebyggande djuromvårdnad mot post-anestetisk myopati hos häst

*Preventing Nursing Against Post-anesthetic Myopathy in Horses*

**Hanna Rydström**

**Skara 2014**

**Djursjukskötprogrammet**



*Foto: Hanna Rydström*

---

**Studentarbete**  
**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Institutionen för husdjurens miljö och hälsa**

***Student report***  
***Swedish University of Agricultural Sciences***  
***Department of Animal Environment and Health***

**Nr. 560**

***No. 560***

ISSN 1652-280X



## **Förebyggande djuromvårdnad mot post-anestetisk myopati hos häst**

*Preventing Nursing Against  
Post-anaesthetic Myopathy in Horses*

**Hanna Rydström**

Studentarbete 560, Skara 2014

**G2E, 15 hp, Djursjukskötarprommet, självständigt arbete i djuromvårdnad,  
kurskod EX0702**

**Handledare:** Barbro Attrell, SLU, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Avdelningen  
för djuromvårdnad, Box 234, 532 23 Skara

**Examinator:** Lena Svendenius, SLU, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa,  
Avdelningen för djuromvårdnad, Box 234, 532 23 Skara

**Nyckelord:** post-anestetisk myopati, anestesi, häst, djuromvårdnad, djursjukskötare

**Serie:** Studentarbete/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och  
hälsa, nr. 560, ISSN 1652-280X

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Box 234, 532 23 SKARA

**E-post:** hmh@slu.se, **Hemsida:** www.slu.se/husdjurmiljohalsa

---

I denna serie publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

# Innehållsförteckning

1	Abstract .....	5
2	Inledning och bakgrund.....	6
2.1	Post-anestetisk myopati.....	7
2.2	Prognos och behandling .....	7
3	Syfte .....	8
3.1	Frågeställning.....	8
4	Metod .....	8
5	Resultat.....	9
5.1	Faktorer som ökar risken för post-anestetisk myopati .....	9
5.1.1	Hypotension .....	9
5.1.2	Muskelperfusion.....	10
5.1.3	Predisponerade muskelgrupper .....	11
5.1.4	Anestesins varaktighet .....	11
5.1.5	Hästens vikt.....	11
5.1.6	Träningskondition .....	11
5.1.7	Systemiska sjukdomar.....	12
5.1.8	Mekanisk ventilering.....	12
5.1.9	Inhalationsanestetika .....	12
5.1.10	Alfa <sub>2</sub> -adrenoceptoragonister .....	12
5.2	Övervakningstekniker och variabler .....	13
5.2.1	Kardiovaskulär funktion.....	13
5.2.1.1	Cirkulation .....	13
5.2.1.2	Blodtryck.....	13
5.2.1.3	Hjärtfrekvens.....	14
5.2.1.4	Cardiac output .....	15
5.2.1.5	Slagvolym .....	15
5.2.1.6	Systemvaskulär resistens.....	16
5.2.1.7	Centralvenöst tryck .....	16
5.2.2	End-tidal koldioxid (ETCO <sub>2</sub> ) och partiellt arteriellt tryck koldioxid (PaO <sub>2</sub> ).....	16
5.2.3	Muskelperfusion.....	17
5.2.3.1	Laktat.....	17
5.2.3.2	Microdialys och muskelbiopsi .....	17
5.2.3.3	Laser doppler flowmetry .....	18
5.2.3.4	Intrakompartimenttryck och perfusionstryck .....	18
5.2.4	pH.....	18
5.3	Förebyggande djuromvårdnad .....	19
5.3.1	Förebygga hypotension .....	19
5.3.2	Positionering och underlag.....	20
5.3.3	Reducera anestesisns längd.....	21
5.3.4	Vältränade hästar.....	21
5.3.5	Reperfusion .....	22
6	Diskussion .....	23
7	Populärvetenskaplig sammanfattning .....	26

8	Tack.....	27
9	Referenser .....	28

# 1 Abstract

Post-anaesthetic myopathy (PAM) is a serious occasional complication of general anaesthesia in horses. It causes not only pain and suffering to the horse, but also suffering (trauma) to the owner with increased veterinary costs. In the worst case PAM can be fatal. The anaesthetic nurse must know which parameters have to be taken into consideration in the prevention of PAM, to be able to prevent it, and use that knowledge for the animals safety. The aim of this literature review was to investigate and make a presentation of the factors and measurements associated with PAM, with focus on how to monitor these measurements to prevent it from happening, and the advice a Veterinary nurse can give to the horse owner regarding this condition.

According to literature there are a few factors that greatly increase the risk of PAM, these include- hypotension, periods less than 60 mmHg significantly increases the risk. Duration of the anaesthesia, over 90 min also significantly increases the risk, and pressure on the skeletal muscles. Physiological measurements associated with these factors: mean arterial blood pressure (MAP), cardiac output (CO), intra compartmental pressure, perfusion pressure, muscle perfusion, muscle metabolism, lactate, end-tidal carbon dioxide, stroke volume (SV), system vascular resistance (SVR) and heart rate. Different monitoring devices and techniques comprises: (direct) blood pressure, electrocardiography, capnography manual palpation of peripheral pulse rate and quality, pulse oximetry, mucous membrane colour, capillary refill time (CRT) and some less common methods (laser doppler flowmetry and microdialyse), not yet developed for clinical use. Prophylactic measures: maintaining adequate blood pressure that is more than 70 mmHg, reducing the length of the anaesthesia and the use of protective padding and proper positioning. Regarding advice for horse owners it's best to give a cautious prognosis, and show great empathy in all consultations. Horse owner's role in preventing post-anaesthetic myopathy still needs to be clarified as well as what advice the veterinary nurse can give. Focus is to inform horse owners about the risks. In the current situation, good animal care during anaesthesia is paramount.

## 2 Inledning och bakgrund

En inte allt för ovanlig komplikation kopplad till allmän anestesi av häst är post-anestetisk myopati (PAM) (Wagner, 2008). Enligt Bidwell *et al.* (2007) var myopati den tredje vanligaste komplikationen, i samband med allmän anestesi, efter hjärtstillestånd och frakturer. Det är post-anestetisk myopati detta kandidatarbete är tänkt att handla om, vilka faktorer som ökar risken för det och hur djursjukskötare utifrån vetenskapen kan förebygga det och vilka råd som kan ges till hästägare innan allmän anestesi eller om deras häst drabbats av PAM.

I djursjukskötares yrkesroll ingår det att övervaka narkos (Statens jordbruksverk, 2011). Enligt Thomas & Lerche (2011) skall djursjukskötare vid allmän anestesi driva och underhålla anesthesiutrustning, administrera anestetika, intubera samt övervaka patienten. Det är i Sverige inte ovanligt att djursjukskötare sköter och ansvarar för hela anestesiförloppet vid allmän anestesi av häst, där det i övervakning av patienten även ingår att kunna upptäcka och förebygga peri-anestetiska komplikationer.

Med hänvisning till lagen om verksamhet inom djurens hälso- och sjukvård (SFS 2009:302) skall djurhälsopersonal, dit yrkesgruppen djursjukskötare hör, arbeta utifrån vetenskap och beprövad erfarenhet. Detta ställer högre krav på legitimerade djursjukskötare än tidigare. I och med legitimationskravet jobbar djursjukskötare inte längre under veterinärens ansvar, utan har numera ett eget. Vetenskap och beprövad erfarenhet skall genomsyra alla arbetsuppgifter som djursjukskötare utför, således även övervakning, samt de åtgärder som vidtas för att förebygga och behandla komplikationer.

Ansvar och de högre kraven kräver att djursjukskötare vet vilka handlingar som ger vilka konsekvenser, hur komplikationer åtgärdas och behandlas och hur dessa på bästa sätt kan förebyggas ur ett holistiskt perspektiv, där målet hela tiden är att jobba för en förbättrad djuromvårdnad. Tanken är inte bara att minska mortaliteten kring anestesi utan också morbiditeten. Hästarna som kommer in för allmän anestesi får inte komma hem med fler skador än de hade innan de kom dit.

Idag är det inte lika vanligt med PAM (Clarke *et al.*, 2014), sedan rutinmässig behandling av hypotension vid hästanestesi etablerades (Young & Taylor, 1993). Trots att antalet hästar som drabbas av PAM är förhållandevis ringa, och trots att inte alla hästar som drabbas av PAM tvingas avlivas till följd av skadorna så är det ändå ett problem som måste tas på största allvar, eftersom konsekvenserna kan vara ödesdigra. Djursjukskötare måste aktivt vidta åtgärder för att förhindra att myopati i samband med anestesi uppstår och på så vis undvika onödigt lidande för häst och hästägare samt motverka ökade kostnader. En aktuell fråga som kan uppstå är vem ansvaret hamnar på när PAM uppstår. Risken är att den legitimerade djursjukskötaren prövas av ansvarsnämnden för djurens hälso- och sjukvård om felaktiga omvårdnadsbeslut fattats (Statens jordbruksverk, 2013).

## 2.1 Post-anestetisk myopati

Hästar, i jämförelse med andra djurslag, råkar i större utsträckning ut för morbiditet och mortalitet i samband med allmän anestesi (Wagner, 2008). Det har i studier visat sig att anestesirelaterad dödlighet hos häst, inom sju dagar efter allmän anestesi, varierar mellan 0,24 (Bidwell *et al.*, 2007) och 0,9 (Johnston *et al.*, 2002) procent. Dessa siffror kan jämföras med dödligheten hos människor som ligger på 0,0075 till 0,0079 procent, och hundar vars dödlighet hamnar på omkring 0,11 procent (Wagner, 2008).

Postanestetisk-myopati är en komplikation som orsakar allvarlig post-anestetisk morbiditet hos häst och även om symtomen ses först vid uppvaksperioden har skadan inträffat under anestesi. Kliniska tecken varierar från mild hälta till att hästen inte kan stå, som vid svår generaliserad myopati. De drabbade musklerna är hårda, svullna och ömmande. Myopati förorsakar en mycket påtaglig smärta. Drabbade hästar är extremt påverkade, rastlösa och kan vara svåra att hantera. De svettas ymnigt och har ansträngd snabb andning. Drabbas hästens bakben kan den få svårt att positionera sig för urinering vilket skapar ytterligare lidande. Från de skadade musklerna frisätts myoglobin i blodbanan, vilket ger mörkröd eller brun urin och kan om det frisätts i väldigt stora mängder blockera och skada tubulisystemet i njurarna. Detta orsakar smärta eller till och med dödlig njursvikt (Taylor & Clarke, 2007). Det är numera allmänt vedertaget att den vanligaste formen av post-anestetisk myopati beror på ischemi i muskeln orsakad av otillräcklig genomblödning (Clarke *et al.*, 2014). Aktuell forskning har uppskattat att 0,8-1,6 procent av alla hästar som undergår allmän anestesi riskerar att drabbas av PAM (Senior, 2013). Bidwell *et al.* (2007) kom i sin publikation fram till att tre av totalt 42 dödsfallen härrörde från myopatier. Samma andel, sju procent, kom även Johnston *et al.* (2002) fram till.

## 2.2 Prognos och behandling

Sjukdomens förlopp beror på graden av muskler involverade, affekterade muskelgrupper och hästens temperament. Lindrigt påverkade hästar ställer sig så småningom upp och är halta ett par dagar utan långvarig funktionsnedsättning. Hästar med allvarligare PAM kan bli liggande i dagar och kräver då intensiv omvårdnad (Young, 1993). Om hästen inte lyckas resa sig kan man bli tvungen att avliva den (Edner, 2005). Det är inte ovanligt att hästar med PAM skadar sig allvarligt i sina försök att ställa sig upp (Young, 1993).

Prognosen för PAM är betydligt sämre om profylaktiska åtgärder inte vidtagits (Young & Taylor, 1993). Ofta är ett av de första tecknen på att allt inte står rätt till att hästen försöker ställa sig upp väldigt tidigt i uppvak, utan att lyckas (Young, 1993). Om profylaktiska åtgärder inte lyckats och PAM utvecklats kommer behandling att behövas. Behandlingen är till stor del symtomatisk (Taylor & Clarke, 2007). Målet med behandlingen är att hästen skall vara lugn, smärtfri och bibehålla cirkulationen. Analgesi och sedering ges efter behov.  $\alpha_2$ -agonister minskar muskelgenomblödningen (Edner, 2005). Dessa skall endast användas när mildare sedering och analgesi inte lyckas lugna hästen (Taylor & Clarke, 2007). Terapeutiskt ultraljud kan i vissa fall smärtlindra hästen. Om hästen tolererar att stå i hängmatta kan det bidra till återhämtningen genom att inga ytterligare skador uppstår. Hästen bör dock inte tvingas till att förbli stående eftersom det kan orsaka ytterligare muskelskada och lidande för hästen. Kan hästen stå upp kortare perioder och detta kombineras med massor av TLC (tender loving care), stimuleras dess vilja att leva (Taylor & Clarke, 2007). Ligger hästen ner mycket måste ett vändschema upprättas (Murrell & Ford-Fennah, 2012).

## 3 Syfte

Syftet med denna litteraturstudie är att göra en sammanställning för djursjukskötare av riskfaktorer till post-anestetisk myopati hos häst och redogöra för tillgängliga aktuella profylaktiska djuromvårdnadsåtgärder.

### 3.1 Frågeställning

1. Vilka faktorer ökar risken för post-anestetisk myopati?
2. Vilka hjälpmedel och tekniker kan användas för att övervaka variabler associerade med post-anestetisk myopati?
3. Vilka omvårdnadsåtgärder kan djursjukskötare vidta för att minska risken för post-anestetisk myopati?
4. Vilka råd kan djursjukskötare ge en hästägare om post-anestetisk myopati?

## 4 Metod

För att söka svar på frågorna gjordes en litteraturstudie om post-anestetisk myopati. Artiklar och i vissa fall övrig litteratur, så som översiktsartiklar och böcker användes. Artiklar återfanns i databaserna *ScienceDirect*, *PubMed* och *Web of science*. Uppslag till sökord som, "post-anesthetic myopathy", "post-anesthetic lameness", "equine myopathy", "post-operative myopathy", "post-operative lameness", "equine anaesthesia", "risk anesthesia AND horse OR equine", "supportive therapy equine anaesthesia" och "monitoring equine anaesthesia" togs fram ur böcker ur Hernqvists bibliotek, SLUs samling om hästar. Studerade artiklars referenslistor genomsöktes där flera adekvata artiklar återfanns och användes.

Djurskyddslagstiftning och information från Jordbruksverket togs med i litteraturstudien där det ansågs nödvändigt. Då litteraturen företrädesvis är engelsk har personliga meddelanden från leg vet. Görel Nyman, docent i kirurgi med inriktning anesthesiologi och diplomerad ECVAA (European College of Veterinary Anaesthesia and Analgesia) använts för att återspegla svenska förhållanden.



## 5 Resultat

### 5.1 Faktorer som ökar risken för post-anestetisk myopati

I fackböcker om anestesi tas en rad olika faktorer till post-anestetisk myopati upp. Muir och Hubbell (2009) skriver att den allmänna anestesiens längd, hästens vikt och nutritionsstatus, valet av anestetikum, positionering, underlag, användning av olika fasthållningsanordningar, dehydrering, blödningar, elektrolytrubbningar (ffa hypokalemi), hypoxemi, hypotension och dålig vävnadsperfusion påverkar utvecklingen av post-anestetisk neuromuskulär skada. Clarke *et al.* (2014) tar i deras bok, *Veterinary Anaesthesia*, upp att förekomsten av myopati framförallt ökar med anestesiens varaktighet, samt vid perioder av hypotension.

#### 5.1.1 Hypotension

Grandy *et al.* gjorde 1987 en studie där de inducerade arteriell hypotension med halotan på sex friska hästar i syfte att se om PAM utvecklades. Resultaten indikerade att det fanns ett samband mellan arteriell hypotension och post-anestetisk myopati. Samma studie fann även att det totala blodflödet, mätt i hjärtminutvolym (cardiac output, CO), slagvolym (SV) och medelartärtryck (MAP), minskade.

1990 gjorde Richey *et al.* en retrospektiv studie på post-anestetisk hälta, vilket kan definieras som antingen en hälta till följd av myopati, neuropati eller båda i kombination. Syftet med studien var att identifiera faktorer som bidrog till utveckling av post-anestetisk hälta. Nitton faktorer som rapporterats eller föreslagits bidra till att post-anestetisk hälta utvecklats togs från journaler från 655 hästar och ponnyer som undergått totalt 733 allmänna anestasier. Journalutdragen togs mellan åren 1985 och 1988. Faktorerna delades in i yttre, inre och fysiologiska faktorer (tabell 1).

Tabell 1. Faktorer som rapporterats eller föreslagits bidra till post-anestetisk hälta (Richey *et al.* 1990)

Yttre	Inre	Fysiologiska
Tid på året	Ras	MAP
Administrering av pre-anestetisk eller intraoperativ medicinering	Vikt	PaO <sub>2</sub> (syretryck i artär)
Induktionsteknik	Ålder	PaCO <sub>2</sub> (koldioxidtryck i artär)
Underhållsanestetika	Kön	pH <sub>a</sub>
Vätsketerapins hastighet	Träningskondition	
Anestesiens varaktighet	Finns någon historia av träningsinducerad myopati	
Positionering		

I studien utvecklade 6,4 procent av hästarna post-anestetisk hälta, men endast två faktorer var av betydelse enligt Richey *et al.* (1990). Hypotension var en av dem, vilken definierades som MAP under 70 mmHg längre än tio minuter. Var MAP-värdet 60 mmHg i 30 min eller 50 mmHg i 15 minuter var incidenten post-anestetisk hälta tre procent. Eftersom hästar med MAP på 60 mmHg under en timma gav en incident på tio procent och bara tre procent om MAP låg på 60 mmHg under 30 minuter kom Richey *et al.* (1990) fram till att både hypotensionens magnitud och duration var av betydelse.

### 5.1.2 Muskelperfusion

Enligt Johnson (2005) tros post-anestetisk myopati bero på otillräcklig genomblödning till muskeln under anestesi. I normala fall, då hästen är vaken, skriver samma författare, beror muskelgenomblödningen på det arteriella blodtrycket och trycket i venerna som dränerar kroppsdelarna. Detta leder till begreppet perfusionstryck där:

perfusionstryck = medelartärtryck – ventryck.

Lågt arteriellt blodtryck kan leda till försämrad genomblödning och utvecklingen av myopati eftersom perfusionstrycket minskar. Vid förhöjt venöst tryck, på grund av att det venösa dränaget från en muskelgrupp är blockerat, kan också perfusionstrycket minska trots adekvat arteriellt blodtryck (Johnson, 2005).

Heppenstall *et al.* utförde 1988 en studie på hundar där de mätte perfusionstryck. De ville fastställa vid vilket tröskelvärde anaerob metabolism, till följd av inadekvat syretransport, uppstod i vilande muskulatur. Studien visade att perfusionstrycket måste vara över 30 mmHg för att normal cellmetabolism skall kunna upprätthållas och inte riskera att vävnaden skadas. Intrakompartmenttryck på 30-60 mmHg har uppmätts i tricepsmuskulaturen på hästar som legat på sida under allmän anestesi (White & Saurez, 1986).

PAM är ett syndrom som beror på flera faktorer, men en stor bidragande faktor är när muskulaturen närmast operationsbordet pressas samman av bålen eller andra stora muskelmassor (Cooper *et al.*, 2011). Många muskler är omslutna av en fascia som bildar ett kompartiment (avgränsat område) med låg eftergivlighet (Johnson, 2005). Ett sådant kompartiment har försämrat utflöde för att kunna lätta på anbringat tryck och kan inte expandera vilket leder till att trycket där inne byggs upp (Taylor & Clarke, 2007). Där intrakompartmenttrycket överstiger ventrycket anges perfusion av formeln:

perfusionstryck = medelartärtryck – intrakompartmenttryck.

Stiger intrakompartmenttrycket sjunker perfusionstrycket trots adekvat MAP (Johnson, 2005). Byggs trycket i underliggande muskelkompartiment upp, äventyras genomblödningen till muskeln, vilket leder till ischemi, så kallat kompartmentsyndrom (Cooper *et al.*, 2011).

Dodman *et al.* utförde 1985 en studie på 23 hästar, 19 kliniska fall och fyra försöksdjur och undersökte dynamiska förändringar i intrakompartimentmuskeltryck, temperatur och pH i syfte att klargöra etiologin till post-anestetisk hälta. Slutsatsen var den att intrakompartimentmuskeltryck under allmän anestesi normalt sett var stabilt, dock varierade de absoluta värdena kraftigt mellan individer. Fem fall utvecklade post-anestetisk hälta, vilka delades in i två grupper. Den ena gruppen, som bestod av två individer vilka tillhörde de kliniska fallen, diagnostiserades som PAM och den andra gruppen, som tillhörde försöksdjuren, diagnostiserades som neuropati. Intrakompartimenttrycket hade oförklarligt höjts under anestesi för de hästar som utvecklat PAM. I den andra gruppen hade intrakompartimenttrycket i muskeln legat stabilt under hela anestesi-perioden. Detta indikerade att förhöjda intrakompartimenttryck kunde leda till PAM. I muskeln sjönk pH men resultatet var inte signifikant.

### 5.1.3 Predisponerade muskelgrupper

Dodman *et al.* (1985) studie visade på att intrakompartimenttrycket i tricepsmuskulaturen var signifikant högre än i gluteusmuskulaturen. Detta tolkades som att tricepsmuskulaturen i allmänhet riskerar tryckskador i högre grad än gluteusmuskulaturen. PAM utvecklas vanligen i de understa benen men det förekommer att det uppstår i de översta benen när hästen ligger i sidoläge under allmän anestesi (Oosterlinck *et al.*, 2013). I Oosterlinck *et al.* (2013) artikel lät man belysa detta fenomen och beskrev fyra fall som inträffat under loppet av ett år och ungefär 1180 allmänna anestasier på en institution. En första hypotes var att det hydrostatiska trycket i kärlen i extremiteterna minskade då dessa höjdes i en nivå ovanför hjärtat med åtföljande minskning av muskelgenomblödningen. En andra hypotes var att abduktion och/eller överrotation av det övre frambenet kunde bidra till skador på *plexus brachialis* (Oosterlinck *et al.* 2013), ett nervnätverk kring *cervicales* och *scapula* (Lundh & Malmquist, 2009). Oosterlinck *et al.* (2013) kunde inte fastställa faktorerna till PAM i det övre benet och efterlyste mer forskning i ämnet. De ansåg det inte troligt att anestesiens varaktighet eller hypotension skulle vara de huvudsakliga faktorerna till att PAM utvecklades i dessa fall. Detta eftersom anestesiernas durationer var relativt korta och MAP låg över rekommenderade kritiska nivåer, förutom i ett fall där MAP under tio minuter sjönk under 70 mmHg.

### 5.1.4 Anestesins varaktighet

Johnston *et al.* (2004) samlade in data från 8242 hästar som undergått allmän anestesi med antingen halotan eller isofluran i syfte att se om isofluran var säkrare att använda som underhållsanestetikum än halotan. Studien kunde inte påvisa att isofluran skulle vara säkrare än halotan men kunde dock rapportera att operationer som översteg 90 minuter liksom om hästen varit placerad i sidoläge under anestesi signifikant ökade risken för PAM. Anestesins varaktighet var även en signifikant faktor i Richey *et al.* (1990) studie där två procent av hästarna hade post-anestetisk hälla efter 1,6 timmar i allmän anestesi.

### 5.1.5 Hästens vikt

Hästens vikt, har i en studie av Franci *et al.* (2006), rapporterats som en trolig bidragande faktor till utveckling av PAM. I studien studerades 633 hästar i syfte att se om hästar under allmän anestesi under MRT skulle vara predisponerade för PAM jämfört med hästar som sövts för vanliga kirurgi ingrepp. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan de två grupperna. Den enda signifikanta faktorn som uppmärksammades var att de hästar som var tyngre i större utsträckning drabbades av PAM.

### 5.1.6 Träningskondition

Vältränade hästar i hög kondition är ofta svåra att hålla i ett jämt anestesidjup och kan vara benägna att utveckla intra- och postoperativa komplikationer (Strachan, 2009). De löper stor risk för allvarlig kardiovaskulär depression vid allmän anestesi och är en utmaning för anestesiören. Det i kombination med stora välutvecklade muskler (Taylor & Clarke, 2007) gör dem benägna att utveckla PAM (Strachan, 2009). Klein (1978) ansåg i en studie att vältränade galoppörer som precis sprungit lopp och kort efter undergått allmän anestesi kunde vara predisponerade för PAM. Vältränade tävlingshästar är känsliga för inhalationsanestetika och kan utveckla allvarlig hypotension även om anestesi inte nått kirurgiskt djup (Taylor & Clarke, 2007).

### 5.1.7 Systemiska sjukdomar

Hästar med Glycogen storage disease (GSD) som undergår allmän anestesi, kan vara predisponerade för PAM (Taylor & Clarke, 2007). Glycogen storage disease är en grupp av genetiska sjukdomar (Aleman, 2008), som till exempel kan yttra sig som korsförämning (Slater & Knowles, 2012) och kännetecknas av en rubbning av glykogeninlagringen i vävnaden vilket kan leda till celldöd i skelettmuskulaturen (rabdomyolys) (Aleman, 2008).

### 5.1.8 Mekanisk ventilering

Mekanisk ventilering, intermittent positive pressure ventilation (IPPV), används enligt G. Nyman, leg. vet. på de större djursjukhusen (personligt meddelande, 26 april 2014). Mekanisk ventilering har en deprimerande effekt på kardiovaskulär funktion och perifer perfusion (Edner, Nyman & Essén-Gustavsson, 2005; Edner, 2005). Rapporterna visar att IPPV, jämfört med spontanandning, är cirkulationsdepressivt.

### 5.1.9 Inhalationsanestetika

Enligt G. Nyman, leg. vet. är det i Sverige vanligast att underhålla allmän anestesi av häst med inhalationsanestetikat isofluran (personligt meddelande, 26 april 2014). Inhalationsanestetika (till exempel isofluran) har en stark dosrelaterad depressionspåverkan på den kardiovaskulära funktionen. Vid spontanandning, i jämförelse med mekanisk ventilering, är denna påverkan mindre (Steffey & Howland, 1980). Cirkulationsdepressionen är en följd av sänkt CO och att kärlbädden påverkats genom vasodilatation, sänkt arteriellt blodtryck och systemvaskulär resistans (SVR) (Stevens *et al.*, 1971). Inhalationsanestetikans negativa effekt på cirkulationen gör hypotension till en vanlig klinisk komplikation under inhalationsanestesi av häst (Steffey & Howland, 1980).

Blodflödet i skelettmuskulatur har i en studie visat sig försämrats hos hästar i narkos. Goetz *et al.* (1989) använde sig av sju friska hästar och mätte blodflödet i överliggande muskulatur under allmän anestesi med isofluran. Blodflödet förändrades inte i muskulaturen vid olika MAC (minimum alveolar concentration), däremot skedde en försämring av blodflödet i jämförelse med den vakna hästen. Weaver *et al.* (1984) gjorde även de en studie vilken visade att muskelperfusionen under inhalationsanestesi minskar jämfört med hästar i vaket tillstånd.

När olika anestesi protokoll jämförts har det visat sig att när total intravenös anestesi (TIVA) med propofol och ketamin användes ökade CO, jämfört med vaket tillstånd, till följd av ökad hjärtfrekvens (HR). Dessutom var syreleveransen till muskulaturen högre med detta anestesi protokoll. När isofluran användes till underhåll var CO oförändrat men tenderade att sjunka till följd av att SV sjönk (Edner, 2005).

### 5.1.10 Alfa<sub>2</sub>-adrenoceptoragonister

I Sverige är det i dag, enligt G. Nyman, leg. vet., vanligt att en alfa<sub>2</sub>-adrenoceptoragonist används vid premedicinering innan allmän anestesi (personligt meddelande, 26 april 2014). Alfa<sub>2</sub>-adrenoceptoragonister (till exempel detomidin) har visat sig påverka central cirkulation och perifer perfusion negativt (Edners, 2005).

## 5.2 Övervakningstekniker och variabler

Skall anestesiens utgång inkludera en levande häst är det avgörande att eventuella komplikationer upptäcks i tid. Det är viktigt att detaljerad och frekvent övervakning och klinisk undersökning av hästen före, under och efter anestesi sker, tillika journalföring. (Coumbe, 1998). Övervakning av fysiologiska funktioner är avgörande för att säkerställa att avvikande trender omedelbart upptäcks samt ge information som kan användas för att kunna bedöma vilka åtgärder som kan tänkas bli aktuella att vidta och på så sätt undvika komplikationer (Trim, 2005).

### 5.2.1 Kardiovaskulär funktion

Arteriellt blodtryck (ABP) bestäms av CO och SVR, där CO bestäms av HR och SV, vilket ger formeln:  $ABP = CO (HR \times SV) \times SVR$ . Detta innebär att anestetikum som sänker något av dessa mätvärden kommer sänka ABP och därmed vävnadsgenomblödningen (Grubb & Muir, 1998). Genom att övervaka arteriellt blodtryck kan hypotension identifieras och möjlig behandling sättas in (Trim, 2005) och eftersom funktionen av hjärtat och kärlsystemet är beroende av varandra så krävs utvärdering av patientens totala kardiovaskulära status och bedömningen av alla variabler. Medelartärtryck, CO (HR och SV) och SVR är variabler som kan övervakas under anestesi för att kontrollera att adekvat vävnadsperfusion tillhandahålls (Clark, 2009). Mätvärdena är olika för vaken och sövd häst (tabell 2) och bör ligga inom referensvärdet för att inte åsamka skada (Muir & Hubbell, 2009).

Tabell 2. Referensvärden till fysiologiska mätvärden (Muir & Hubbell, 2009)

	Vaken	Under anestesi
MAP (mmHg)	80-120	60-70
CO (ml/kg/tim)	60-80	30-50
HR (slag/min)	30-45	30-45
SV (ml/kg)	1,6 ± 0,4	-
SVR (dynes (dm <sup>3</sup> )*s/cm <sup>-5</sup> )	265 ± 82	-

Under allmän anestesi är lägsta accepterade HR 26 slag/min (Clarke *et al.*, 2014). Medelartärtryck skall helst inte sjunka under 70 mmHg (Richey *et al.*, 1990; Young, 1993; Johnson, 2005). Cardiac output varierar med patientens storlek och ålder. Normala värden för en vuxen individ på 400 till 500 kg ligger på 32 L/min till 40 L/min (Shih, 2013).

#### 5.2.1.1 Cirkulation

Manuell övervakning av slemhinnefärg och kapillär återfyllnadstid (CRT) ger information om vävnadsperfusionen. Perifer puls kan ge information om det arteriella blodtrycket (Clarke *et al.*, 2014). Hypotension karaktäriseras vid manuell övervakning av svag perifer puls, bleka slemhinnor och förlängt CRT, över 3 sek (Grubb & Muir, 1998).

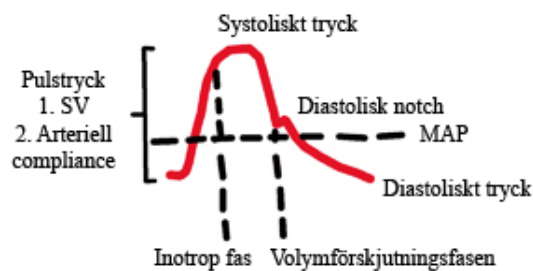
#### 5.2.1.2 Blodtryck

Det är praktiskt taget omöjligt att avgöra ABP utan att mäta det med hjälp av övervakningsutrustning. Även om perifer puls oftast är starkare vid högre tryck så är det inte alltid fallet, och därför ska inte enbart manuell övervakning av pulskvalitet användas för att bedöma ABP (Taylor & Clarke, 2007). Eftersom CO inte mäts rutinmässigt under anestesi är ABP den bästa kliniska indikatorn på vävnadsperfusion (Grubb & Muir, 1998).

Det finns två huvudsakliga metoder för att mäta ABP under allmän anestesi av häst, direkt (invasivt) eller indirekt (non-invasivt) (Muir & Hubbell, 2009). Oscillometri är en av två vanliga metoder för indirekt mätning (Trim, 2005). Vid oscillometri fästs en blodtrycksmanschett, vanligtvis, på hästens svans över den kaudala artären i svansen. Trycket från blodtrycksmanschetten reflekterar artärtrycket bäst om manschetten är fyra till fem gånger benets/svansens diameter (Parry *et al.*, 1980 se Young, 1989 s. 46) och i samma höjd som höger förmak (Young, 1989). Manschetten skall inte fästas för hårt (Trim, 2005).

Vid direkt mätning förs en kateter in i en perifer artärt, vanligtvis *a. facialis*, *a. facialis transversus* (Young, 1989) eller *a. metatarsalis dorsalis* och fäst till en tryckomvandlare (sensor). Arteriellt blodtryck kan läsas av kontinuerligt och är mer tillförlitligt än indirekt blodtryck. Eftersom hästar är mer benägna än andra djurslag att utveckla hypotension rekommenderas att hästar som skall ligga under allmän anestesi längre än en timma övervakas med direkt blodtrycksövervakning (Thomas & Lerche, 2011). För att tillhandahålla tillförlitliga värden skall tryckgivaren placeras i höjd med höger förmak, det vill säga bogbladsspetsen vid rygggläge och bröstbenet (*sternum*) vid sidoläge (Trim, 2005).

Vågformationerna som presenteras på blodtrycksmonitorn kan analyseras subjektivt (figur 1). Förändrade vågformationer ses framförallt på hästar som är mekaniskt ventilerade. Om höjden och hastigheten på vågformationen sjunker tyder det på minskad SV och kontraktionskraft i hjärtat. (Muir & Hubbell, 2009).



Figur 1. Normal vågformation för blodtryck (Muir & Hubbell, 2009)

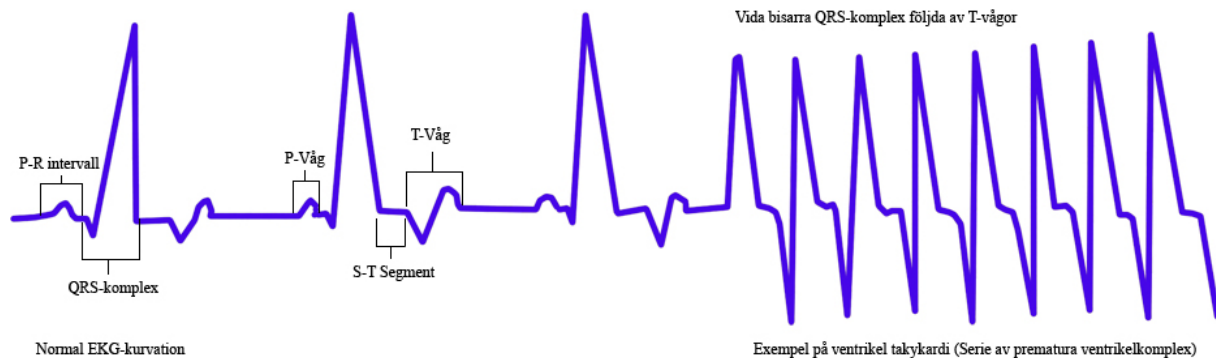
### 5.2.1.3 Hjärtfrekvens

Hjärtfrekvensen kan bedömas manuellt genom att palpera pulsen över hjärtapex genom bröstväggen, palpera perifer puls, genom auskultation med ett stetoskop eller med ett esofaguskop, vilket är ett hjälpmedel som via esofagus förstärker hjärtljudet. Mekaniska hjälpmedel inkluderar elektrokardiografi (EKG), blodtrycksmonitor (Thomas & Lerche, 2011) och pulsoximeter (Clarke *et al.*, 2014).

*Pulsoximetri* är en non-invasiv metod som används för att kontinuerligt mäta hemoglobinet syresaturation. Pulsoximetern visar digitalt pulsfrekvens och saturation (hemoglobinet syresättning). För att värdena på pulsoximetern skall vara tillförlitliga måste pulsfrekvensen som visas på monitorn stämma överens med palperbar puls eller EKG. Proben placeras på hästens tunga, läpp, förhud eller vulva (Clarke *et al.*, 2014).

Dobutamin, ett  $\alpha_1$  och  $\beta_{1-2}$ -adrenergikum (Daunt, 1990), det vill säga en substans som stimulerar adrenerga receptorer i sympatiska nervsystemet (Lundh & Malmquist, 2009), är ett vanligt förekommande farmaka vid allmän anestesi av häst (Daunt, 1990).

Dobutamin har i en studie visat sig ha en signifikant positiv påverkan på MAP, HR, CO och intramuskulärt blodflöde. De maximalt rekommenderade doserna kan dock ge takykardi och ventrikulärytmier förekomma (Lee *et al.*, 1998) och därför rekommenderas att EKG-monitorering tillämpas vid administrering (Daunt, 1990).



Figur 2. Normal EKG-Kurvation och ventrikeltakykardi (Thomas & Lerche, 2011).

*Elektrokardiografi* är en användbar teknik, som presenterar hjärtats elektriska potential över tid (Muir & Hubbell, 2009), för att uppmärksamma arytmier och monitorera HR och hjärtrytm (Robertson, 1990). Endast en veterinär har befogenhet att göra en EKG-diagnos men djursjukskötaren måste kunna skilja mellan ett normalt och ett onormalt EKG (figur 2). Den erfarna djursjukskötaren kan kanske misstänka arytmier genom noggrann auskultation och palpation av pulsen men EKG är det enda redskap som ger definitiv identifiering av hjärtrytmen (Thomas & Lerche, 2011). Djursjukskötare bör vara uppmärksam på att eventuella förändringar kan förekomma till följd av artefakter som t ex. elektriska störningar (50 Hz), otillräcklig elektrodkontakt med patienten, felaktigt jordning, rörelse hos patienten, muskeltremor och respiratoriska rörelser (Robertson, 1990). Utformning av EKG-apparatur kan variera beroende på ledningar, patientens ställning och andra faktorer (Thomas & Lerche, 2011) och det finns idag många EKG-apparater på marknaden (Robertson, 1990).

#### 5.2.1.4 Cardiac output

Cardiac output är inte en parameter som rutinmässigt mäts vid klinisk anestesi av häst (Clarke *et al.*), men kan vara väl värd att mäta eftersom CO är en viktig variabel för kardiovaskulär funktion och möjliggör kalkyleringar av andra kardiovaskulära mätvärden (Shih, 2013). En rad olika tekniker har utvecklats och presenteras i en översiktsartikel från 2003 av Corley *et al.* Lithium dilution cardiac output (LiDCO™) var den teknik som Corley *et al.* (2003) ansåg mest lämpad för klinisk användning på häst. Tekniken bygger på att litiumklorid injiceras i en central eller perifer ven medan en pump samtidigt drar blod ur en artär. Blodet passerar sedan genom en litiumsensor i vilken blodkoncentrationen mäts, för att slutligen returnera blodet tillbaka till patienten (Clarke *et al.*).

#### 5.2.1.5 Slagvolym

Slagvolym bestäms av preload (det vill säga venösa återflödet till hjärtat), hjärtats kontraktilitetkraft och afterload (det vill säga det motstånd mot vilket hjärtat måste arbeta för att pumpa ut blodet). Detta innebär att en ökning i preload ökar SV och CO, medan en ökning i afterload (SVR) minskar SV och CO (Daunt, 1990). Slagvolym kan räknas ut med hjälp av HR och CO, vilket ger enheten Liter/slag där (Edner, 2005):  $SV = CO/HR$ .



### 5.2.1.6 Systemvaskulär resistens

Kunskap om SVR möjliggör säkrare användning av kardiovaskulärbehandlingar (Shih, 2013). Ett sätt att räkna ut SVR är med hjälp av MAP, centralvenöst tryck (CVP) och CO där:  $SVR = (MAP - CVP) \times 80 / CO$  (Shih, 2013).

### 5.2.1.7 Centralvenöst tryck

Centralvenöst tryck är en variabel som behövs för att räkna ut SVR. CVP är det intraluminala blodtrycket i kraniala delen av *vena cava* (Magdesian, 2004). Tekniken bygger på att en kateter av tillfredställande längd (från jugularvenen till tredje revbenet) förs in i jugularvenen till det att toppen av den når kraniala delen av *vena cava*. Slangen från katetern fästs till en manometer, vilken är korrekt inställd när vätskan i manometerröret rör sig i takt med patientens andningsrörelser. Från manometerröret kan sedan ett absolut värde i enheten  $cmH_2O$  utläsas (Clarke *et al.*, 2014).

Val av anestetikum och positionering av patienten påverkar CVP (Muir & Hubbell, 2009) eftersom förändringar i CVP kan bero på cirkulerande blodvolym, hjärtats kontraktilitetskraft, HR, intratorakala tryck och den perifera kärlbeddens tonus (Gelman, 2008). Hästar som ligger i sidoläge har CVP som ligger mellan 15 och 25  $cmH_2O$  och hästar som ligger i rygggläge har CVP som ligger mellan fem och tio  $cmH_2O$  (Hall & Nigam, 1975; Klein & Sherman, 1977 se Muir & Hubbell, 2009 s. 164-163).

## 5.2.2 End-tidal koldioxid (ETCO<sub>2</sub>) och partiellt arteriellt tryck koldioxid (PaO<sub>2</sub>)

Koldioxid (CO<sub>2</sub>) är en biprodukt från vävnadsmetabolismen som transporterats till lungorna, via blodet som returnerats till hjärtat, och där andas ut (Muir & Hubbell, 2009). Sjunkande ETCO<sub>2</sub> värden ses vid minskad perifer perfusion (Bodelsson *et al.*, 2011) och hypotension (Thomas & Lerche, 2011). Om ETCO<sub>2</sub> sjunker tvärt till 12-20 mmHg (1,6-2,7 kPa) indikerar det på sänkt CO och/eller hjärtstillestånd (Clarke *et al.*, 2014) medan en mer gradvis sänkning tyder på sänkt metabolism (för djup anestesi) (Trim, 2005). Genom att övervaka ETCO<sub>2</sub> ges information om gasutbyte (vävnadsperfusion) och hjärtats förmåga att pumpa blod till lungorna (Clarke, & Taylor, 2007). End-tidal koldioxid bör ligga inom givna intervaller (tabell 3) för adekvat vävnadsgenomblödning (Muir & Hubbell, 2009).

Tabell 3. Referensvärden för ETCO<sub>2</sub> (Muir & Hubbell, 2009)

	Vaken	Under anestesi
ETCO <sub>2</sub> (mmHg)	40-50 mmHg	30-50 mmHg.

*Kapnografi* är en noninvasiv metod för att mäta utandad koldioxid och på så vis kontinuerligt övervaka alveolär (och arteriell) PCO<sub>2</sub>. Gas från utandad luft aspireras från endotrakealtuben och kapnometern mäter halten CO<sub>2</sub> genom upptaget av infrarött ljus. Kapnometern erhåller, via en monitor, numeriska CO<sub>2</sub>-värden för varje andetag samt en CO<sub>2</sub>-kurvation (kapnograf). Det högsta värdet ses vid senare, end-tidala, delen av utandningsfasen (vid kurvans lutning uppåt) och är det värdet som skall registreras vid övervakning av ETCO<sub>2</sub> (Trim, 2005).

Kapnografi uppskattar indirekt PaCO<sub>2</sub> genom att mäta ETCO<sub>2</sub>. Normalt ligger ETCO<sub>2</sub> 10-15mmHg (1,3-2 kPa) lägre än PaCO<sub>2</sub>, (Clarke *et al.*, 2014). PaCO<sub>2</sub> kan mätas med blodgasanalys för att utvärdera hur väl patienten gör sig av med CO<sub>2</sub> (Thomas & Lerche, 2011).



Ur den kateter, i vilken direkt blodtrycksövervakning sker, kan även prover för blodgaser samlas (Thomas & Lerche, 2011). Blodprovet dras upp i en hepariniserad spruta och förs därefter, utan att kontamineras med luft, till blodgasmaskinen (Edner, 2005), där det analyseras (Trim, 2005).

### 5.2.3 Muskelperfusion

#### 5.2.3.1 Laktat

I en doktorsavhandling av Edner (2005) studerades förändringar i perifer genomblödning och lokal metabolism i muskeln, däribland hur laktat förändrades. Syftet var att få bättre insikt i muskelfunktion under och efter anestesi, se om förändringarna återspeglades genom motsvarande förändringar i central cirkulation och hur detta hängde ihop med den eventuella utvecklingen av PAM. De exakta orsakerna till metabola rubbningar är fortfarande oklara, men hypoperfusion under anestesi spelar en central roll. Laktat produceras vid anaerob metabolism, vilket sker till följd av inadekvat syreleverans till vävnaden. Ökad laktatkoncentration i muskulaturen sänker intracellulärt pH med efterföljande skada på cellmembranen (Edner, 2005). Edners (2005) studie rapporterade att ökad plasmalaktatkoncentration var ett resultat av förhöjd muskellaktatkoncentration. Ökad koncentration av laktat i muskulaturen indikerade anaerob metabolism. I en studie av Sertney *et al.* (1987, se Edner, 2005 s.48), där hästar under allmän anestesi vänts från dorsalt till lateralt läge steg plasmalaktatnivåerna tvärt. Hästarna som sedan utvecklade PAM hade också utvecklat signifikant högre laktatnivåer. Författaren menar att det var en utspolning av ackumulerad laktat från de muskler som tidigare legat närmast operationsbordet till följd av försämrad venös dränering.

Eftersom laktat produceras vid anaerob metabolism, till följd av inadekvat syreleverans till vävnaden (Edner, 2005) är plasmalaktatkoncentrationen en variabel som kan mätas för att uppskatta perifer perfusion och syreleverans (Magdesian, 2004). Normala laktatvärden skall ligga under 2 mmol/L (Clarke *et al.*, 2014) och plasmalaktat kan samlas och analyseras från antingen ett ven- eller artärprov (Muir & Hubbell, 2009). För att få ut ett laktatvärde direkt ur muskelvävnaden kan microdialys eller muskelbiopsi tillämpas (Edner, 2005).

#### 5.2.3.2 Microdialys och muskelbiopsi

Edner (2005) studerade metabolism i muskulaturen närmast operationsbordet under anestesi. Hon var den första att publicera en sådan studie, direkt i muskeln, på häst med hjälp av microdialys och muskelbiopsi. Microdialys är ett värdefullt verktyg i studier av metabolismen i muskulaturen i samband med anestesi eftersom det kan användas i kliniska situationer och med ett minimalt trauma. Microdialys tillåter kontinuerlig övervakning av metabolismen i en muskel, innan de återspeglas i systemiska fysiologiska parametrar i blodet (Edner, 2005). Tekniken bygger på att efterlikna kapillärfunktionen genom att en tunn, steril microdialyskateter, ansluten till en microdialyspump, förs in i den vävnad som skall övervakas. Katetermembranet tillåter fri diffusion av vatten och lösta ämnen mellan interstitialvätskan och perfuserad lösning (perfusat), som förs in via katetern med microdialyspumpen. Koncentrationsgradienten mellan interstitialvätskan och perfusatet utgör drivkraften för diffusionen (Nordström & Ungerstedt, 2006). En biokemisk analys av dialysvätskan sker nästan kontinuerligt (Edner, 2005). Beroende på vilka molekyler som skall studeras kan hålen på membranets storlek justeras så att genomsläppligheten begränsas (Nordström & Ungerstedt, 2006).

I Edners (2005) doktorsavhandling användes ett 30 millimeter långt membran, som fördes in i den muskel som skulle studeras, med hjälp av en specialdesignad "pull-away"-kanyl som ledare. Kanylen drogs tillbaka helt när membranet var på plats.

Vid muskelbiopsi görs ett 10 millimeter snitt genom hud och fascia där prover samlas med en biopsinål med fem millimeter diameter, 5-6 centimeter in i muskelbuen. Muskelbiopsi, till skillnad från microdialys, ger endast en ögonblicksbild av muskelmetaboliska händelser. Metoden är mer invasiv än microdialys då provtagning ofta måste utföras upprepade gånger (Edner, 2005).

#### 5.2.3.3 Laser doppler flowmetry

Edner (2005) beskriver i sin doktorsavhandling två metoder för att mäta blodflödet i muskeln. Den ena metoden ( $Xe^{133}$  clearance teknik) ger ett absolut värde för lokalt blodflöde (ml/min/100g). Tekniken bygger på att ett radioaktivt ämne sprutas in kroppen där man sedan mäter ämnets clearance hastighet som ett mått på blodflödet. Tekniken är inte riktigt praktisk genomförbar vid rutinemässig allmän anestesi av häst eftersom tekniken är relativt komplicerad samt att radioaktiva ämnen används.

Den andra tekniken, enligt Edner (2005) utomordentlig för att studera relativa förändringar i hud- och muskelperfusion över tid, är laser doppler flowmetry (LDF). Tekniken är minimalt invasiv och bygger på dopplereffekten. Genom en fiberoptisk sond strålas laserljus på den vävnad som skall studeras. Ljus som träffar rörliga celler (blodkroppar) genomgår en förändring i frekvens och våglängd (dopplereffekt) där dessa förändringar är direkt relaterade till antalet blodkroppar samt hastigheten hos dessa. Informationen plockas upp av den fiberoptiska sonden och omvandlas till elektroniska signaler som kan analyseras (Nilsson, 1980; Öberg, 1984 se Edner 2005 s. 12). LDF ger inget absolut värde för perfusion i ml blod/mg vävnad/tidsenhet utan relativa registreringar vilka uttrycks på en godtycklig skala. Med LDF kan kvalitativ och kvantitativ mätning av genomblödning mätas i muskulaturen. Detta ger möjlighet till överskådlig monitorering till hur muskulaturen reagerar på anestetikum, IPPV och behandlingsåtgärder under allmän anestesi. Vid LDF förs en injektionsnål in ett par centimeter in i den muskel som skall övervakas, i vilken fiberoptiksonden (microtip) förs in. När microtipen är på plats förs nålen tillbaka och fiberoptiken fästs till en prob som är kopplad till en monitor (Edner, 2005).

#### 5.2.3.4 Intrakompartimenttryck och perfusionstryck

Trycket i en muskelmassa kan mätas med en nål med sidohål (wick catheter) eller en kateter som förs in i den muskulatur som önskas övervakas, vilken kopplas samman med en muskeltryckmätare (Qvarfordt *et al.* 2008). Lindsay *et al.* (1985) har i studier på häst visat att wick catheter ger konsekventa resultat. En annan teknik användes i en studie av Dodman *et al.* (1985). En 14 gauge kateter fördes in cirka tio centimeter i tricepsmuskulaturen närmast bordet, bakifrån och fram, cirka 7,5 centimeter från *olecranon*. Vid mätning i glutealmuskulaturen fördes katetern in, bakifrån och fram, till samma djup som i tricepsmuskulaturen. Kopplades katetern till en tryckomvandlare, kopplad till en monitor, tillhandahölls i studien värden som överensstämmer med resultat från Lindsey *et al.* 1985.

#### 5.2.4 pH

Muskulaturens pH behöver inte nödvändigtvis vara nära relaterad till pH i blodet (Donavan & Brooks, 1983 se Dodman *et al.*, 1985 s. 15) och då pH i muskulaturen inte visat sig vara en signifikant faktor för utveckling av PAM (Dodman *et al.*, 1985) tas inte detta mätvärde med vid övervakning för att förhindra PAM.

### 5.3 Förebyggande djuromvårdnad

Följande profylaktiska åtgärder skall vidtas för att minska risken PAM:

- Upprätthålla blodtryck > 70 mmHg under allmän anestesi för att förbättra intramuskulärt blodflöde och syresättning
- Hålla anestesi så ytlig som möjligt
- Positionera hästen noggrant på ett mjukt underlag
- Reducera tiden hästen ligger ner till ett minimum (Coumbe, 1998).

#### 5.3.1 Förebygga hypotension

Det är allmän praxis att förebygga hypotension under inhalationsanestesi och det finns goda indicier på att detta skulle minska risken för PAM. Både Blodtryck (drivtryck) och CO är viktigt (Taylor & Clarke, 2007) och då hjärtfrekvensen är en avgörande faktor för CO, bör bradykardi behandlas om blodtryck och perifer perfusion också har minskat (Clarke *et al.*, 2014).

Resultat från en studie utförd 1998 av Lee *et al.* indikerade att förbättrad muskelgenomblödning påverkades av förändringar i CO, SVR och MAP snarare än enbart MAP. Eftersom CO är svårare att mäta än ABP bör det kliniska tillvägagångssättet för att höja ABP även syfta till att öka CO (Taylor & Clarke, 2007; Edner, 2005).

Om hypotension uppträder skall, om möjligt, anestesidjupet justeras så att detta blir ytligare (Grubb & Muir, 1998). Koncentrationen inhalationsanestetika kan reduceras genom att administrera kompletterande intravenösa läkemedel genom till exempel constant rate infusion (CRI). För att förebygga hypovolemi och säkerställa adekvat venöst återflöde skall vätsketerapi sättas in (Taylor & Clarke, 2007). Balanserade elektrolytlösningar (kristalloida vätskor), till exempel Ringer acetat eller NaCl, administreras vanligen för att upprätthålla normal blodvolym. Hastigheten under operation kan ligga på 10 ml/kg/tim. Förbättras inte MAP skall vasoaktiva farmaka och eventuellt kolloidal vätsketerapi sättas in (Clarke *et al.*, 2014). Hypovolemiska patienter skall alltid administreras med kolloidal vätsketerapi (Grubb & Muir, 1998). En initial bolusdos (4 ml/kg under 10 min (Clarke *et al.*, 2014)) hyperton NaCl har en positiv effekt på hypertension och har visat sig öka CO, SV och MAP, samt minska SVR (Daunt, 1990). Enligt Johnson (2005) skall understödande behandling för att upprätthålla ABP under anestesi även syfta till att bevara perfusionstrycket.

Med lidokain-CRI under anestesi kan mängden isofluran som används reduceras med 25 procent. Genom att använda mindre isofluran minskar uppkomsten av oönskade biverkningar (Dzikiti *et al.*, 2003), som till exempel minskat blodflöde i skelettmuskulaturen (Goetz *et al.*, 1989). Initialt ges en bolusdos på 1,3-2 mg/kg under 10 minuter för att efterföljas av en CRI-hastighet på 50 µg/kg/min (Clarke *et al.*, 2014).

Det rekommenderas att infusionen stängs av 30 minuter innan anestesis slut för att undvika ataxi vid uppvak (Valverde *et al.*, 2005).

I en studie utförd i syfte att se hur fyra blodtryckshöjande läkemedel (dopamin, dobutamin, dopexamin, fenylefrin) påverkade det intramuskulära blodflödet och andra kardiopulmonella variabler kom man fram till att dobutamin ökade MAP, HR, CO och intramuskulärt blodflöde. Dobutamin hade, jämfört med de andra läkemedlen, den största ökningen av MAP och CO (Lee *et al.*, 1998).

Fenylefrin däremot ökade endast MAP och SVR, vilket resulterade i oförändrad muskelgenomblödning. Lee *et al.* (1998) menade att det visade på att förbättrad muskelgenomblödning under anestesi inte endast beroende på arteriellt blodtryck. De påpekade dock att adekvat arteriellt blodtryck fortfarande var nödvändigt för perfusion av benet närmast operationsbordet eftersom dopexamin, vilket ökade CO i större utsträckning än MAP, resulterade i ökad genomblödning av överliggande benet men inte i det underliggande benet då hästen låg på sida. Cardiac output och SVR är omvänt relaterade (Muir & Hubbell, 2009). Detta innebär att även om SVR ökar MAP så minskar samtidigt CO och därigenom minskar vävnadsperfusionen. På grund av detta skall det i allra största grad undvikas att med enbart vasopressorer försöka förbättra ABP (Daunt, 1990).

Om IPPV används är det ännu viktigare att övervaka cirkulationen eftersom det är cirkulationsdeprimerande och påverkar den perifera perfusionen negativt (Edner, 2005).

### 5.3.2 Positionering och underlag

Enligt Muir & Hubbell (2009) skall hästar som skall undergå allmän anestesi längre än 15 till 30 minuter bli positionerade på ogenomtränglig, skyddande och luftig stoppning. Huvudet, benen och tryckpunkter (bogblad, och höft) skall positioneras på ett lämpligt sätt. Vid sidoläge skall det undre frambenet dras fram för att minska trycket på tricepsmuskulaturen och radialnerven (Muir & Hubbell, 2009). God positionering är bland annat viktigt för att säkerställa att det venösa dränaget från musklerna är optimalt och att perfusionstrycket är så högt som möjligt (Taylor & Young 1990).

I en studie där fyra olika laterala positioner jämfördes under allmän anestesi kom författarna av artikeln fram till att den position där hästarna låg på vadderat underlag och det understa frambenet förts kranialt och det översta frambenet stöttats gav lägst intrakompartmenttryck i tricepsmuskulaturen. Högsta tryck kunde mätas när hästarna låg på ovadderat underlag direkt på sida utan vidtagna åtgärder. De två andra positionerna inkluderade: icke framdraget undre framben och stöttat övre framben samt framdraget undre framben och icke stöttat övre framben på både vadderat och ovadderat underlag (White & Saurez, 1986). Oosterlinck *et al.* (2013) tycker det kan vara klokt att undvika att det övre benet lyfts för mycket ovanför hjärtats nivå samt överdriven abduktion/rotation för att förhindra att PAM i det övre benet uppstår.

Vaddering kan inte reducera hästens vikt utan dess uppgift är att fördela ut belastningen över ett så stort område av kroppsytan som möjligt för att reducera trycket på ett ställe (Taylor & Clarke, 2007). 1985 utförde Lindsay *et al.* en studie vars syfte var att fastställa om olika underlag under hästar som undergick allmän anestesi förändrade intrakompartmenttrycket i muskler. I studien sövdes totalt åtta kliniskt friska hästar, vilka lades på fyra olika underlag (betong, skumgummi, luftmadrass och vattenmadrass), 40 minuter åt gången på vardera underlaget i randomiserad ordning, under ett anestesitillfälle. Lindsay *et al.* utförde 1980 en studie vilken indikerade att tricepsmuskulaturen närmast operationsbordet var högst utsatt för risk att utveckla PAM när hästen låg i sidoläge under anestesi. Utifrån det resultatet valde Lindsay *et al.* (1985) att mäta intrakompartmenttrycket i tricepsmuskulaturen för att fastställa vilket av de fyra underlagen som skyddade hästen mest under allmän anestesi. Deras studie visade på att luft- och vattenmadrasserna orsakade minst kompression jämfört med betong och skumgummi. Detta tordes bero på att underlaget tillät hästarna sjunka in och vila fritt på ett stödjande medium, vilket reducerade trycket på hästens kroppsutskott.

Trots att uppmätt intrakompartimenttryck var högre än kapillärt stängningstryck på 30 mmHg hos alla hästar i studien, på alla underlag, drabbades bara en häst av post-anestetisk myopati. Den frekventa ompositioneringen kan ha tillåtit att ödem och anaeroba metaboliter förflyttats från komprimerade muskler.

Lindsay *et al.* (1985) talar i sin studie om en madrass utformad inom humanvården som skulle ge ett signifikant lägre intrakompartimenttryck än andra madrasser. En så kallad luft-fluidiserad säng vilken var designad att pumpa in varm, torr luft genom ett lager av silikonmikrosfärer. Patienten skiljdes från mikrosfärerna genom ett polyesterlakan och gavs en kontaktyta som följde kroppens konturer. När luft slutade pumpas in bildade sfärerna en solid yta. I studien angavs att utvecklingen av liknande madrasser för hästar vid allmän anestesi hindrades av ekonomiska skäl. Lindsay *et al.* (1985) menar ändå att noggrant val av ett skyddande underlag kan hjälpa att reducera hur svår muskelskadan blir under allmän anestesi. Används en luftmadrass skall denna inte vara maximalt fylld med luft så att hästen tillåts sjunka ner i den (Clarke *et al.*, 2014).

Edner (2005) påpekar i sin doktorsavhandling att sedan Hästkliniken UDS, Uppsala började använda Tempur®madrasser, specifikt designade att reducera lokalt tryck genom att distribuera ut trycket över en större kroppsytta, till hästarna vid allmän anestesi utvecklades PAM mer sällan.

### 5.3.3 Reducera anestesisins längd

Richey *et al.* (1990) skriver i sin studie att alla variabler måste tas hänsyn till för att reducera förekomsten av post-anestetisk hälsa. En av dessa är enligt författaren att minimera anestesisins längd till kortast möjliga för att ändå kunna utföra önskat ingrepp. Anestesisins varaktighet kan vara en svår variabel att påverka. Kirurgen kan dock kontrollera längden på anestesi i viss mån genom att undvika att preoperativa förberedelser och ingreppet drar ut på tiden (Richey *et al.*, 1990). Passerar anestesisins längd 90 minuter ökar risken för PAM signifikant (Johnston *et al.*, 2004).

### 5.3.4 Vältränade hästar

Elektiva kirurgiska ingrepp av vältränade tävlingshästar bör skjutas upp under en period där hästarna ställs av och protein-och kolhydratmängderna i fodret minskas (Strachan, 2009). Dessa hästar bör hanteras lugnt men bestämt för att sansa dem om de är rastlösa. Låga doser av acepromazin är lämpligt både för att slappna av hästarna och för att minska risken för kardiovaskulär depression.

För att reducera anestesisins längd kan djursjukskötare i förväg klippa kirurgiska områden. Vid elektiva fall kan detta göras dagen innan, under sedering vid behov (Taylor & Clarke, 2007).

Blodtrycksövervakning bör starta så fort som möjligt efter induktionen eftersom dessa individer inte sällan utvecklar allvarlig hypotension redan innan kirurgiskt anestesiidjup. Vid för ytligt anestesiidjup skall kompletterande intravenösa farmaka ges i stället för att öka inhalationsgasens koncentration (Taylor & Clarke, 2007).

### 5.3.5 Reperfusion

Vid PAM skadas cellerna i muskulaturen och sväller, vilket medför att intrakompartmenttrycket ökar ytterligare. Ökat tryck orsakar ytterligare ischemi och ytterligare cellskada och svullnad. När hästen förs till uppvak och trycket på muskulaturen avlägsnas och blodtrycket ökar återflödar blodet till muskulaturen (reperfusion) (Taylor & Clarke, 2007). PAM tros förvärras vid reperfusion av affekterade muskler på grund av ytterligare ökad svullnad och kompartmenttryck.

Potentiell fortsatt skada vid reperfusion förklarar varför en del hästar kan tyckas opåverkade när de först ställer sig upp och att tillståndet uppenbaras först timmar senare (Clarke *et al.*, 2014). Reperfusion kan inte undvikas utan det viktiga är att PAM aldrig utvecklas under anestesi (Taylor & Clarke, 2007).

## 6 Diskussion

Post-anestetisk myopati (PAM) är en komplikation som kan uppstå till följd av allmän anestesi av häst. Skador i muskulaturen uppstår på grund av otillräcklig genomblödning till muskulaturen (Taylor & Clarke, 2007). PAM är en komplex komplikation att övervaka och förebygga eftersom faktorerna till dess uppkomst, liksom variablerna associerade med dem är många. Ansvarig anestesidjursjukskötare måste för att kunna ge optimal djuromvårdnad vara utbildad, uppmärksam och kunna handla snabbt och kunna åtgärda förändringar och därigenom förhindra uppkomsten av PAM. Djursjukskötare får under sin utbildning i Sverige en inblick i vilka risker som är associerade med anestesi av häst. PAM, vilket åsamkar hästen enormt lidande och i värsta fall leder till avlivning (Taylor & Clarke, 2007), presenteras bara i korthet under studierna, därefter ligger det på djursjukskötaren att införskaffa tillräcklig kunskap och erfarenhet för att kunna utföra ett säkert jobb. Denna litteraturstudie skulle kunna användas av djursjukskötare som jobbar på hästsjukhus i syfte att kunna informera hästägare om PAM och för att själva kunna genomföra ett bra och säkert arbete perianestetiskt för att förhindra PAM.

Hypotension och anestesis varaktighet är de faktorer som visat sig vara av störst betydelse för utvecklingen av PAM. Idag förs rutinmässiga profylaktiska åtgärder för att upprätthålla adekvat blodtryck (Taylor & Clarke, 2007). Djursjukskötare som jobbar efter vetenskap och beprövad erfarenhet skall veta varför och hur detta görs, samt veta vilka andra faktorer som ökar risken för komplikationer som PAM och slutligen ta med alla nödvändiga omvårdnadsåtgärder i anestesiplanen. Anestesis längd kan många gånger vara svår att påverka, men djursjukskötaren skulle kunna reducera hästens tid på operationsbordet, och där igenom förbättra omvårdnaden, genom att förbereda så mycket som möjligt innan anestesi och underlätta arbetet för kirurgen genom att ha material och instrument framplockade. Kunskaper om PAM kan även öka säkerheten generellt under anestesi eftersom många av de faktorer som hänger ihop med PAM även hänger ihop med andra komplikationer associerade med allmän anestesi av häst. I Dodman *et al.* (1985) studie hade till exempel de hästar som utvecklade post-anestetisk neuropati inte positionerats enligt rekommenderade normer. Detta indikerar på vikten av att positionera hästen korrekt för att undvika att även andra komplikationer än PAM uppstår. Andra faktorer är svårare att påverka, till exempel hästens vikt. I dessa fall bör anestesidjursjukskötare uppmärksamma predisponerade hästar och vara ännu noggrannare i den förebyggande djuromvårdnaden. Författarens uppfattning är att hästar idag inte sällan ligger på någon typ av skumgummimadrass under anestesi. Detta är intressant då Lindsey *et al.* (1985) resultat visade att både vatten- och luftmadrasser gav lägre intrakompartimenttryck. De menade på att ekonomi satte stopp för utveckling av ett optimalt underlag för hästar att ligga på. Idag kanske det skulle ligga i fler investerarens intresse att utveckla ett bättre underlag. Ny forskning och utveckling på underlag skulle kunna förbättra omvårdnaden i en djurhälsobransch under snabb utveckling.

I den rutinmässiga cirkulationsövervakningen av häst ingår EKG, ETCO<sub>2</sub>, blodtryck och pulsoximetri (Murrell & Ford-Fennah, 2012) men inte LDF eller microdialys. Metoder som ger en inblick i vad som sker i muskulaturen. Genom att utveckla dessa övervakningsmetoder, så att de på ett enkelt sätt skulle kunna användas för rutinmässig övervakning av muskelblodflöde och muskelmetabolism vid klinisk anestesi, skulle detta ge anestesiören ytterligare ett instrument till ökad säkerhet för hästen. Laktat ger svar på i vilken grad kroppens vävnader syresätts som de ska. Genom att mäta detta direkt i muskulaturen ges kanske ett snabbare, tillförlitligare svar än vid plasmalaktatprov.

Eftersom laktat kan ackumuleras i muskulaturen när den pressas samman, kan plasmalaktatvärdena visa sig vara oacceptabelt höga först post-anestetiskt. Utvecklingen av PAM tycks ha en individuell faktor som inte går att urskönja (Lindsay *et al.*, 1985; Lee *et al.*, 1998; Edner, 2005). Kan anestesören på ett enkelt och tillförlitligt sätt övervaka så många variabler som möjligt blir säkerheten högre trots en individuell faktor.

Litteratur som innefattar råd till djurägare är svår, om inte omöjlig att återfinna. Många hästägare känner inte sällan oro när deras häst skall sövas. Inom humanvården ingår det i anestesisköterskans yrkesroll att pre-operativt tala med patienten i syfte att ge patienten den information som behövs för att minska ångest och stress. Det pre-operativa samtalet ger även möjlighet för anestesören att få information (och frågor) från patienten, som kan användas vid framställning av en individanpassad vård-plan (Carter & Evans, 1996). Detta bör även gälla inom djursjukvården, dock förs här så klart konversationen med djurägaren. Tyvärr ses detta sällan på hästsjukhus idag i Sverige, dels för att konversationen sker med veterinären och sällan anestesören, och dels i högre grad på grund av tidsbrist. För att kunna ge bättre, säkrare omvårdnad bör djursjukskötaren vara med vid anamnestagandet och dessutom ställa frågor som kan vara till nytta för anestesiplanen. Kommer det till exempel fram i anamnesen att hästen har en historia med korsförflamning skall detta vara en varningsklocka för anestesören och extra insatser för att förhindra PAM skall sättas in. Visar det sig att hästen är en vältränad häst i full tävlingskondition skall även detta beaktas. Genom att informera hästägare om riskerna för komplikationer som kan uppstå, trots förebyggande omvårdnad, så förbereder man dem på vad som skulle kunna ske. Skulle PAM utvecklas kan kanske en välinformerad hästägare hantera situationen bättre. Empati är nyckeln för en lyckad kommunikation när dåliga nyheter skall framföras. Genom att i högre grad visa empati ökar kundnöjdhet vid konsultationen (Cooper *et al.*, 2011). Tills forskning påvisat signifikanta resultat angående vältränade hästar och PAM rekommenderas hästägare med vältränade hästar att, innan elektiva ingrepp, ställa av hästen en period samtidigt som protein-och kolhydratmängderna i fodret minskas. Eftersom sjukdomens förlopp beror på graden av muskler involverade, affekterade muskelgrupper och hästens temperament (Young, 1993) bör en avvaktande prognos ges.

Många studier är gamla, utländska och veterinärmedicinskt inriktade. Idag är det inte sällan en djursjukskötare som ansvarar för anestesin och därför vore det önskvärt om nya, svenska studier ur ett djuromvårdnadsperspektiv gjordes. Denna studie skulle kunna kompletteras med en enkätundersökning där enkäter skickas ut till hästsjukhus och hästägare med hästar som drabbats av PAM. Det skulle kunna ge en bättre inblick i svenska förhållanden och på så vis ge en möjlighet att utvärdera om djurhälsopersonalen arbetar profylaktisk enligt vetenskapen eller om utbildning inom ämnet är behövlig. Enkätstudien skulle också kunna bidra med kunskap om hur råd till hästägare skulle kunna utformas. Ett dilemma, liksom för många andra studier, är att majoriteten av studierna inte sker i en klinikmiljö samt på ett till antalet för få individer. Många av de studier som tagits med i denna litteraturstudie har försökt isolera enskilda faktorer, vilket ger tvetydiga slutsatser eftersom flera faktorer tycks spela in i utvecklingen av PAM.

Richey *et al.* (1990) och Young & Taylor (1993) retrospektiva studier är bra i den meningen att de utgår från kliniska fall, sträcker sig över år och innefattar många patienter och ger då en mer rättvis återspeglning. Störande faktorer med denna metod kan tänkas vara att djursjukhusen använt sig av olika typer journaler, fyllt i journalerna olika noggrant och kanske då oavsiktligt utelämnat viktig information.



Dessutom kan antalet fall, trots att de är fler än i de experimentella studierna, vara för få eftersom det är många individuella skillnader (ras, ålder, vikt osv). Vid jämförelse mellan grupper kan det totala antalet individer i en grupp bli för få för att kunna ge tillförlitliga resultat. En prospektiv studie skulle kunna fasa ut en del av dessa störande faktorer. Genom att utforma identiska journaler som delas ut till djursjukhusen i landet samt utbilda personalen i hur dessa skall fyllas i korrekt. Dessutom kan det på förhand bestämmas hur många patientfall som måste samlas in till stickprovet över tid för att få tillräckligt starka vetenskapliga bevis och lättare kunna upptäcka skillnader mellan grupperna.

Det finns inga studier med signifikanta resultat på att vältränade tävlingshästar skulle löpa större risk för PAM, Detta iakttas dock kliniskt eftersom det omnämns i böcker. Kleins studie från 1978 är den enda studie som ansett att vältränade hästar, i detta fall fullblod som precis gått löp, skulle vara predisponerade för PAM. Studien kan anses ha svaga vetenskapliga bevis eftersom det var få observationer och snett urval (störst andel fullblod). Ingen journalföring fördes på hur vältränade hästarna var, eller när de senast gått löp, utan resultaten var fria spekulationer utifrån vilka skador de sövts för. Studiens aktualitet skulle kunna ifrågasättas eftersom de använde sig av narkosmedel som inte rutinmässigt används i Sverige idag samt att studien utfördes innan rutinmässig vätsketerapi tillämpades. Richey *et al.* (1990) hade i sin studie med träningskondition som en faktor men de kunde inte påvisa att det skulle vara en faktor som ökade risken för PAM. Denna faktor, samt vilka profylaktiska åtgärder som skulle kunna vara aktuella för dessa individer kan vara ett framtida forskningsområde.

PAM är en tråkig anestesirelaterad komplikation för alla inblandade. En del råd kan ges till hästägare i förebyggande syfte, samt i de fall då deras häst drabbats av PAM, men litteraturen ger idag för lite information för att kunna ge några entydiga råd. Det viktiga blir i stället att informera hästägare om riskerna. Ansvarig anestesidjursjukskötare bör vara den som informerar hästägare om dessa. Hästägarens roll för att förhindra PAM är ett outforskat ämne och det viktigaste tycks i dagsläget vara att djurhälsopersonalen vidtar åtgärder för att förhindra PAM. Djursjukskötare är efter tre års studier specialist inom djuromvårdnad och den bästa omvårdnaden är den där förebyggande åtgärder vidtagits för att undvika att hamna i tillstånd som kräver ytterligare omvårdnadsåtgärder.

## 7 Populärvetenskaplig sammanfattning

I Sverige idag är det vanligtvis en djursjukskötare som sköter och ansvarar för narkosen (sövningen) av häst. Hästar anses löpa en större risk än andra djurslag att dö eller drabbas av komplikationer i samband med narkos. Detta ger ännu större anledning för djursjukskötaren att jobbar efter vetenskap och beprövad erfarenhet, så att denna inte bara vet vad som kan hända, utan även varför det kan hända och hur det kan förhindras.

Post-anestetisk myopati är en komplikation som kan uppstå hos häst i samband med narkos. Vid post-anestetisk myopati har muskelfibrerna skadats till följd av att en rad faktorer skapat syrebrist i muskulaturen under narkosen. Det är framförallt muskulaturen närmast operationsbordet som riskerar att skadas. Skadad muskulatur svullnar upp och drabbade hästar är oroliga, smärtpåverkade, svettas och har svårt att använda sig av de kroppsdelar vars muskulatur skadats. Utgången beror på hur skadad muskulaturen är och hur hästen hanterar skadan. I de flesta fall återhämtar sig hästen väl med rätt behandling. I värsta fall måste hästen avlivas till följd av skadorna.

Det finns olika teorier varför syrebrist i muskulaturen uppstår, och vilka patienter som kan vara mer benägna att utveckla post-anestetisk myopati.

Forskning har kommit fram till att framför allt följande faktorer ökar risken för post-anestetisk myopati:

- Hypotension (lågt blodtryck) under narkosen
- Långa narkoser, över 90 min ökar risken avsevärt
- Felaktig positionering under narkosen kombinerat med undermåligt underlag för hästen att ligga på.

En del böcker tar upp att mycket vältränade högpresterande tävlingshästar skulle kunna vara mer benägna att utveckla post-anestetisk myopati men det finns ingen forskning som stöder detta i dagsläget. Tills att mer forskningsresultat finns i ämnet skall dessa patienter i förebyggande syfte behandlas med extra omsorg för att förhindra att post-anestetisk myopati uppstår.

För att säkert kunna förebygga post-anestetisk myopati kan djursjukskötaren övervaka:

- Blodtryck
- Hjärtfrekvens
- Den mängd blod hjärtat pumpar ut per minut (cardiac output)
- Hur mycket blod hjärtat pumpar i varje slag (slagvolym)
- Mjölksyra (laktat) i blodet och muskulaturen
- Hur mycket koldioxid hästen andas ut (End-tidal CO<sub>2</sub>)
- Trycket inuti muskulaturen (intrakompartmenttryck)
- Blodets tryck inne i muskelvävnaden (perfusionstryck)
- Blodflödet i muskulaturen

Idag finns det bra tekniker och utrustning för narkosdjursjukskötaren att övervaka ovanstående parametrar, så att avvikelser snabbt kan upptäckas och behandlas för att undvika komplikationer. Blodtrycket övervakas enklast på häst med direkt mätning, genom att en kanyl först in i en artär. Blodtrycket presenteras kontinuerligt på en övervakningsmonitor.

Hjärtfrekvensen kan övervakas med hjälp av EKG, eller en pulsoximeter. Pulsoximeterns avläsare (prob) fästs på hästens tunga eller läpp och registrerar inte bara hjärtfrekvensen utan framför allt hur väl syresatt blodet är. Manuell övervakning skall dock inte underskattas. Blodtryck och cardiac output kan uppskattas genom att känna på pulsens styrka över en artär och hjärtfrekvensen kan samtidigt beräknas. Genomblödningen kan uppskattas genom att mäta kapillär återfyllnadstid (CRT). Detta görs genom att placera ett tryck över tandköttets slemhinna och sedan se hur snabbt slemhinnan återfår normal färg efter att trycket avlägsnats, detta skall normalt ske under två sekunder. Laktat kan mätas genom blodprov eller genom en ny metod, inte riktigt utvecklad för att användas praktiskt under narkosen ännu, kallad microdialys. End-tidal CO<sub>2</sub> mäts med en metod kallad kapnografi. Gasen samlas upp i en slang och ger ett värde på övervakningsutrustningen. Intrakompartmenttryck och blodflödet i muskulaturen har än så länge bara studerats i forskningssyfte och även om metoderna ger god övervakning är de bara i utvecklingsstadiet och används inte i den rutinmässiga övervakningen ännu.

Förebyggande åtgärder för att förhindra uppkomsten av postanestetisk myopati inkluderar att:

- Hålla blodtrycket uppe med hjälp av dropp och i vissa fall läkemedel
- Begränsa narkostidens längd
- Positionera hästens på ett underlag som fördelar ut trycket från kroppstyngden
- Positionera hästen så att trycket på specifika muskelgrupper minskar.

Vältränade tävlingshästar skall om möjligt ställas av och minska protein- och kolhydratintaget i fodret innan narkos för att minska risken för post-anestetisk myopati.

Råd kan utifrån dagens litteratur vara svåra att ge och det viktiga blir i stället att kunna informera hästägarna om riskerna. Idag finns det ingen forskning om hästägarens roll i att förebygga post-anestetisk myopati, utan det är framförallt djursjukskötarens djuromvårdnad som är av största vikt.

## 8 Tack

Jag vill ge ett tack till min mor, min eviga grammatiska guru. Jag vill även tacka min ”fru” Annikki och min blivande sambo, vilka alltid håller mig ovanför ytan i mitt känslomässiga hav, så även under detta examensarbete. Det är även på sin plats att ge min handledare Barbro Attrell en tack, för utan henne hade detta examensarbete aldrig blivit så bra som det tillslut blev.

## 9 Referenser

- Aleman, M. (2008). A review of equine muscle disorders. *Neuromuscular Disorders*, vol. 18, nr. 4, ss. 277-287.
- Bidwell, L.A., Bramlage, L.R. & Rood, W.A. (2007) Equine perioperative fatalities associated with general anaesthesia at a private practice – a retrospective case series. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 34, ss. 23-30.
- Bodelsson, M. (Red.), Lundberg, D., Roth, B. och Werner, M. (2011). *Anestesiologi*. Lund: Studentlitteratur.
- Carter, L. & Evans, T. (1996). Preoperative visiting: a role for theatre nurses. *British Journal of Nursing*, vol. 5, nr. 4, ss. 204-207.
- Clark, L. (2009). Monitoring the Anaesthetised Patient. I: Welsch, L. (red.) *Anaesthesia for Veterinary Nurses*. West Sussex: Blackwell Publishing Ltd, ss. 233-266.
- Clarke, K.W., Trim, C.M. & Hall, L.W. (2014). *Veterinary Anaesthesia*. Eleventh Edition. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Cooper, B., Mullineaux, E. & Turner, L. 2011. *BSAVA Textbook of Veterinary Nursing*. 5<sup>th</sup> edition. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association.
- Corley, K.T.T., Donaldson, L.L., Durando, M.M. & Birks, E.K. (2003). Cardiac Output Technologies with Special Reference to the Horse. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol. 17, nr. 3, ss. 262-272.
- Coumbe, K. (1998). Anaesthetic complications and emergencies – Part 2. *Equine Veterinary Education*, vol. 10, nr. 3, ss. 161-168.
- Dodman, N.H., Gray, L., Williams, R. & Goldspink, G. (1985). Intracompartmental muscle pressure, temperature and pH in the horse under general anesthesia. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 5, nr. 1, ss. 11-15.
- Donavan, C.M. & Brooks, J.M. (1983). Endurance training effects lactate clearance, not lactate production. *American Journal of Physiology*, vol. 244, nr. 1, ss. E83-92.
- Daunt, D.A. (1990). Supportive therapy in the anesthetized horse. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice*, vol. 6, nr. 3, ss. 557-547.
- Dzikiti, T.B., Hellebrekers, L.J. & van Dijk, P. (2003). Effects of intravenous lidocaine on isoflurane concentration, physiological parameters, metabolic parameters and stress-related hormones in horses undergoing surgery. *Journal of veterinary medicine. A, Physiology, pathology, clinical medicine*, vol. 50, nr. 4, ss. 190-195.
- Edner, A. (2005). *Effects of Anaesthesia on Haemodynamics and Metabolism in Horses Evaluated by Laser Doppler Flowmetry, Microdialysis and Muscle Biopsy Techniques*. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet

- Edner, A., Nyman, G. & Essén-Gustavsson, B. (2005). The effects of spontaneous and mechanical ventilation on central cardiovascular function and peripheral perfusion during isoflurane anaesthesia in horse. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 32, issue. 3, pp. 136-146.
- Franci, P., Leece, E.A. & Brearly, J.C. (2006). Post anaesthetic myopathy/neuropathy in horses undergoing magnetic resonance imaging compared to horses undergoing surgery. *Equine Veterinary Journal*, vol. 38, nr. 6, ss. 497-501.
- Gelman, S. (2008). Venous Function and Central Venous Pressure. *Anesthesiology*, vol. 108, ss. 735-748.
- Goetz, T.E., Manohar, M., Nganva, D. and Gustafson, R. (1989). A study of the effect of isoflurane anaesthesia on equine skeletal muscle perfusion. *Equine Veterinary Journal*, vol. 21, nr.7, ss. 133-137.
- Grint, N., Gorvy, D. & Dugdale, A. (2007). Hyperthermia and Delayed-Onset Myopathy after Recovery from Anesthesia in a Horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 27, nr. 5, ss. 221-227.
- Grubb, T.L. & Muir, W.W. (1998). Anaesthetic emergencies and complications – Part 1. *Equine Veterinary Education*, vol. 10, nr. 2, ss. 98-109.
- Hall, L.W. & Nigam, J.M. (1975). Measurement of central venous pressure in horses. *Veterinary Research*, vol. 97, nr. 4, ss. 66-69.
- Heppenstall, R.B. Sapega, A.A., Scott, R. Shenton, D., Park, Y.S., Maris, J. & Chance, B. (1988). The compartment syndrome. An experimental and clinical study of muscular energy metabolism using phosphorus nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 226, ss. 138-155.
- Johnson, C.B. (2005). Positioning the anaesthetised horse. *Equine Veterinary Education*, vol. 7, ss. 41-44.
- Johnston, G.M., Eastment, J.K., Taylor, P.M. & Woods, J.L.N. (2004). Is isoflurane safer than halothane in equine anaesthesia? Results from a prospective multicentre randomised controlled trial. *Equine Veterinary Journal*, vol. 36, nr. 1, ss. 64-71.
- Johnston, G.M., Eastment, J.K., Wood, J.L.N. & Taylor, P.M. (2002). The confidential enquiry into perioperative equine fatalities (CEPEF): mortality results of Phase 1 and 2. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 29, ss. 159-170.
- Klein, L. (1978). A review of fifty cases of post-operative myopathy in the horse. *American Association of Equine Practitioners*, vol. 24, ss. 89-94.
- Klein, L. & Sherman, J. (1977). Effects of preanesthetic medication, anesthesia, and position of recumbency on central venous pressure in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 170, nr. 2, ss. 216-219.
- Lag om verksamhet inom djurens hälso- och sjukvård (2009). Stockholm. (SFS 2009:302)

- Lee, Y-H.L., Clarke, K.W., Alibhai, H.L.L. & Song, D. (1998). Effects of dopamine, dobutamine, dopexamine, phenylephrine, and saline solution on intramuscular blood flow and other cardiopulmonary variables in halothane-anesthetized ponies. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 59, nr. 11, ss. 1463-1473.
- Lindsay, W.A, McDonell, W. & Bignell, W. (1980). Equine postanesthetic forelimb lameness: intracompartmental muscle pressure changes and biochemical patterns. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 41, nr. 12, ss. 1919-1924.
- Lindsay, W.A., Pascoe, P.J., McDonell, W.N. & Burgess, M.L. (1985). Effect of protective padding on forelimb intracompartmental muscle pressures in anesthetized horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 46, nr. 3, ss. 688-691.
- Lundh, B. & Malmquist, J. (2009). *Medicinska Ord Det medicinska språket: begrepp, definitioner, termer*. Femte upplagan. Lund: Studentlitteratur AB.
- Magdesian, K.G. (2004). Monitoring the critically ill equine patient. *The Veterinary Clinics Equine Practice*, vol. 20, nr. 1, ss. 11-39.
- Muir, W.W. & Hubbell, J.A.E. (2009). *Equine Anesthesia Monitoring and Emergency Therapy*. Second Edition. St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier.
- Murrell, J.C. & Ford-Fennah, V. (2012). Anaesthesia. I: Coumbe, K.M. (red.) *Equine Veterinary Nursing*. Second Edition. West Sussex: Blackwell Science Ltd, ss. 432-459.
- Nilsson, G.E., Tenland, T. & Öberg, P.Å. 1980. Evaluation of a laser Doppler flowmeter for measurement of tissue blood flow. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 27, nr. 10, ss. 597-604.
- Nordström, C.-H. & Ungerstedt, U. (2006). Microdialysis: principles and techniques. I: Gullo, A. (red). *Anaesthesia, Pain, Intensive Care and Emergency A.P.I.C.E.* Proceedings of the 20th Postgraduate Course in Critical Care Medicine Trieste, Italy - November 18–21, 2005. Milan: Springer, ss. 61-78.
- Oosterlinch, M., Schauvliege, S., Martens, A. & Pille, F. (2013). Postanesthetic Neuropathy/Myopathy in the Nondependent Forelimb in 4 horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 33, ss. 996-999.
- Qvarfordt, P., Björk, M. & Styf, J. (2008). Akuta kompartmentsyndrom i extremiteter och buk. *Läkartidningen*, vol. 105, nr. 40, ss. 2765-2768
- Parry, B.W., McCarthy, M.A., Anderson, G.A. & Gay, C.C. (1989). Correct occlusive bladder width for indirect blood pressure measurement in horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 43, nr. 1, ss. 50-54.
- Richey, M.T., Holland, M.S., McGrath, C.J., Dodman, N.H., Marshall, D.B. Court, M.H., Norman, W.M. & Seeler, D.C. (1990). Equine Post-anesthetic Lameness A Retrospective Study. *Veterinary Surgery*, vol. 19, nr.5, ss. 392-397.

- Robertson, S.A. (1990). Practical use of ECG in the horse. *In Practice*, vol.12, ss. 59-67.
- Senior, J.M. 2013. Morbidity, Mortality, and Risk of General Anesthesia in Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, vol. 29, ss. 1-18.
- Serteyn, D., Lavergne, L., Mottart, E., Philippart, C. & Lamy, M. (1987). Myopathie postanesthésique équine: production de lactates par les muscles comprimés chez le cheval anesthésié à l'halothane. *Schweiz Arch Tierheilk*, vol. 129, nr. 1, ss. 19-22.
- Shih, A. (2013). Cardiac Output Monitoring in Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, vol. 29, nr. 1, ss. 155-167.
- Slater, J.D. & Knowles, E.J. (2012). Medical Nursing. I: Coumbe, K.M. (red.) *Equine Veterinary Nursing*. Second Edition. West Sussex: Blackwell Science Ltd, ss. 246-287.
- Statens jordbruksverk (2011). *Vägledning för dig som arbetar inom Djurhälsopersonalen*. (Artikelnr: OVR213). Jönköping: Jordbruksverket. Tillgänglig: [http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_ovrigt/ovr210.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr210.pdf) [2014-04-05]
- Statens jordbruksverk. (2013-06-18). *Behörighet som djursjukskötare*. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/djurhalsopersonal/behorighetattarbetaidjurenshalsoochsjukvard/djursjukskotare.4.32b12c7f12940112a7c800010381.html>. [2014-05-13].
- Steffey, E.P. & Howland, D. (1980). Comparison of circulatory and respiratory effects of isoflurane and halothane anesthesia in horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 41, nr. 5, ss. 821-825.
- Stevens, W.C., Cromwell, T.H., Halsey, M.J., Eger, E.I., Shakespeare, T.F. & Bahlman, S.H. (1971). The cardiovascular effects of a new inhalation anesthetic, Forane, in human volunteers at constant arterial carbon dioxide tension. *Anesthesiology*, vol. 35, nr. 1, ss. 8-16.
- Strachan, F. (2009). Large Animal Anaesthesia. I: Welsh, L. (red.) *Anaesthesia for Veterinary Nurses*. Second Edition. West Sussex: Blackwell Publishing Ltd, ss. 372-388.
- Taylor, P.M. & Clarke, K.W. (2007). *Handbook of Equine Anaesthesia*. Second Edition. Philadelphia, Saunders Elseiver.
- Taylor, P.M. & Young, S.S. (1990). The effect of limb position on venous and compartmental pressure in the forelimb of ponies. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 17, nr. 1, ss. 35-37.
- Thomas, J.A. & Lerche, P. (2011). *Anesthesia and Analgesia for Veterinary Technicians*. Fourth Edition. St. Louis, Missouri, Mosby Elsevier.
- Trim, C.M. (2005). Monitoring during anaesthesia: techniques and interpretation. *Equine Veterinary Education*, vol. 15, nr. 7, ss. 30-40.

- Valverde, A., Gunkelt, C., Doherty, T.J., Giguère, S. & Pollak, A.S. (2005). Effect of a constant rate infusion of lidocaine on the quality of recovery from sevoflurane or isoflurane general anaesthesia in horses. *Equine Veterinary Journal*, vol. 37, nr. 6, ss. 559-564.
- Wagner, A.E. (2008). Complications in Equine Anesthesia. *Veterinary Clinics of North America*, vol. 24, nr. 3, ss. 735-752.
- Weaver, B.M., Lunn, C.E. & Staddon, G.E. (1984). Muscle perfusion in the horse. *Equine Veterinary Journal*, vol. 16, nr. 1, ss. 66-68.
- White, N.A. & Sautraz, M. (1986). Change in triceps muscle intracompartmental pressure with repositioning and padding of the lowermost thoracic limb of the horse. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 47, nr. 10, ss. 2257-2260.
- Young, S.S (1989). Monitoring the anaesthetised horse. *Equine Veterinary Education*, vol. 1, nr. 1, ss. 45-49.
- Young, S.S. (1993). Post-anaesthetic myopathy. *Equine Veterinary Education*, vol. 5, nr. 4, ss. 200-203.
- Young, S.S. & Taylor, P.M. (1993). Factors influencing the outcome of equine anaesthesia: a review of 1,314 cases. *Equine veterinary journal*, vol. 25, ss. 147-51.
- Öberg, P.Å., Tenland, T. & Nilsson, G.E. (1984). Laser-Doppler flowmetry a non-invasive and continuous method for blood flow evaluation in microvascular studies. *Acta Medica Scandinavica Supplementum*, vol. 687, ss. 17-24.



Vid **Institutionen för husdjurens miljö och hälsa** finns tre publikationsserier:

- \* **Avhandlingar:** Här publiceras masters- och licentiatavhandlingar
- \* **Rapporter:** Här publiceras olika typer av vetenskapliga rapporter från institutionen.
- \* **Studentarbeten:** Här publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Vill du veta mer om institutionens publikationer kan du hitta det här:  
[www.slu.se/husdjurmiljohalsa](http://www.slu.se/husdjurmiljohalsa)

---

**DISTRIBUTION:**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och  
husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa  
Box 234  
532 23 Skara  
Tel 0511-67000  
**E-post: [hmh@slu.se](mailto:hmh@slu.se)**  
**Hemsida:**  
**[www.slu.se/husdjurmiljohalsa](http://www.slu.se/husdjurmiljohalsa)**

*Swedish University of Agricultural Sciences  
Faculty of Veterinary Medicine and Animal  
Science  
Department of Animal Environment and Health  
P.O.B. 234  
SE-532 23 Skara, Sweden  
Phone: +46 (0)511 67000  
**E-mail: [hmh@slu.se](mailto:hmh@slu.se)**  
**Homepage:**  
**[www.slu.se/animalenvironmenthealth](http://www.slu.se/animalenvironmenthealth)***

---