



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap**  
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

# **Påverkar klippning och täckning det fysiologiska svaret på arbete och återhämtning hos islandshästar?**

*Karin Jacobsson*

*Uppsala  
2014*

*Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet*

*ISSN 1652-8697  
Examensarbete 2014:71*



# Påverkar klippning och täckning det fysiologiska svaret på arbete och återhämtning hos islandshästar?

## Effect of clipping and blanketing on the physiological responses to exercise and recovery in Icelandic horses

*Karin Jacobsson*

**Handledare:** Kristina Dahlborn, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Biträdande handledare:** Elke Hartmann, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Examinator:** Katja Höglund, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

*Examensarbete i veterinärmedicin*

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurskod:** EX0754

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2014

**Delnummer i serie:** Examensarbete 2014:71

**ISSN:** 1652-8697

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Klippning, päls, täcke, islandshäst

**Key words:** Clipping, coat, blanket, Icelandic horse

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi



## **SAMMANFATTNING**

Syftet med den här studien var att undersöka hur det fysiologiska svaret på träning och återhämtning ser ut hos islandshästar, samt om detta påverkas av klippning och täckning. Sex islandshästar studerades innan, under och 60 minuter efter att de genomförde ett standardiserat träningsprogram. Programmet genomfördes fyra gånger och hästarna var sina egna kontroller. Varje gång var hästarna under någon av följande behandlingar: 1) oklippt (full vinterpäls), 2) oklippt (full vinterpäls) och försedd med täcke direkt efter träningspassets slut, 3) halvklippt eller 4) halvklippt och försedd med täcke direkt efter träningspassets slut. Hjärtfrekvens, andningsfrekvens, hudtemperatur, rektaltemperatur, laktat, pH, hematokrit, pCO<sub>2</sub>, kalium, totalprotein och glukos mättes. Det fysiologiska svaret på träning och återhämtning följde det förväntade för flertalet av parametrarna. Hjärtfrekvens, andningsfrekvens, hudtemperatur, rektaltemperatur, laktat, hematokrit, kalium och totalprotein steg samtliga för att sedan, under återhämtningsfasen, sjunka tillbaka med varierande hastighet. pH, pCO<sub>2</sub> och glukos uppvisade istället sänkningar under arbetet. Klippta hästar hade signifikant lägre andningsfrekvenser än oklippta 20 respektive 30 minuter efter maxarbete. De oklippta hästarnas förhållandevis höga andningsfrekvenser uppvisade dock inte några effekter på syrabasparametrarna pH och pCO<sub>2</sub>. Klippta hästar hade lägre hudtemperaturer än oklippta innan arbete. Hästar som försetts med täcke efter träning hade högre hudtemperaturer under återhämtningsfasen än hästar utan täcke på områden som täcktes av täcket men inte på halsen. Inga skillnader fanns mellan behandlingar för rektaltemperatur, hematokrit, pCO<sub>2</sub>, kalium, laktat, pH, glukos och totalprotein. Sammanfattningsvis påverkade pälsmängden (klippt/oklippt) fler parametrar än vad täcket gjorde, och verkar således ha större betydelse för hästens termoreglering.

## **SUMMARY**

The aim of this study was to investigate the effect of clipping and blanketing on the physiological response to exercise and recovery in horses. Six Icelandic horses were studied before, during and 60 minutes after they performed a standardised exercise program. This was repeated four times, during which each horse received one of the following treatments: 1) unclipped (full winter coat), 2) unclipped (full winter coat) and covered with blanket directly after exercise, 3) half-clipped or 4) half-clipped and covered with blanket directly after exercise. Heart rate, respiratory rate, skin temperature, rectal temperature, potassium, lactate, total serum protein, pCO<sub>2</sub>, glucose, hematocrit and pH were measured. The physiological response to exercise and recovery were as expected beforehand for most of the parameters. Heart rate, respiratory rate, skin temperature, rectal temperature, lactate, hematocrit, potassium and total serum protein all increased during exercise and then regressed, with different velocities, during recovery. pH, pCO<sub>2</sub> and glucose all decreased during exercise. Clipped horses had significantly lower respiratory rates than unclipped horses 20 and 30 minutes after performing work at maximal intensity, but the rather high respiratory rates in unclipped horses did not affect the levels of pH and pCO<sub>2</sub>. Clipped horses had lower skin temperatures than unclipped horses before exercise. Horses with blankets after exercise had higher skin temperatures at the hindquarter which was covered with the blanket but not at the

neck, compared to horses not covered with blankets. There were no significant differences between treatments for hematocrit, rectal temperature, pCO<sub>2</sub>, potassium, lactate, pH, glucose and total plasma protein. To sum up, more effects were obtained when clipping horses compared to blanketing them, and the amount of coat seems to have a higher impact than blankets on the thermoregulation of the horse.

## INNEHÅLL

Inledning.....	1
Litteraturoversikt.....	2
Islandshästen .....	2
Temperaturreglering.....	3
Termofysiologi.....	3
Hudtemperatur, vasokonstriktion och vasodilatation.....	4
Pälsens betydelse.....	4
Djurhållningens påverkan på termoregleringen .....	5
Fysiologiska parametrar .....	5
Hjärtfrekvens.....	5
Andningsfrekvens.....	6
Hematokrit.....	6
Totalprotein .....	6
pCO <sub>2</sub> .....	7
Laktat.....	7
pH.....	7
Kalium.....	8
Glukos .....	8
Rektaltemperatur .....	8
Material och metod.....	9
Experimentets upplägg.....	10
Analysmetoder .....	12
Analys av blodparametrar .....	12
Statistisk analys .....	12
Resultat.....	12
Hjärtfrekvens.....	12
Andningsfrekvens.....	13
Hematokrit.....	14
Totalprotein .....	15
pCO <sub>2</sub> .....	15
Laktat.....	16

pH.....	16
Glukos .....	17
Kalium.....	17
Rektaltemperatur .....	18
Hudtemperatur.....	18
Skillnader mellan mätinstrument .....	18
Halstemperaturer .....	18
Temperaturer på korset.....	21
Diskussion .....	24
Studiens begränsningar .....	27
Konklusion .....	27
Författarens tack.....	27
Referenser.....	28



## INLEDNING

Hästarnas återhämtning efter arbete är ett område som är relativt outforskat. Detta innebär att hästägarnas kunskap om hur de bäst hjälper sin häst att återhämta sig är begränsad. En del hästägare klipper sina islandshästar för att underlätta deras värmeavgivning vintertid och påskynda tiden det tar för hästarna att torka efter träning, så att de snabbare kan gå ut i hagen igen. Många lägger också rutinmässigt täcke på sin häst efter träning, oavsett om hästen är klippt eller inte. Orsakerna till detta är ofta att man är rädd för att hästen annars ska bli kall om pälsen är blöt. Ofta uttrycker hästägarna också en oro för att musklerna ska bli stela om de kyls för fort. Huruvida en långsam eller snabb återhämtning är det bästa för hästen är inte klarlagt.

Vid träning omvandlas ca 80 % av den frigjorda energin till värme i cellerna (Sjaastad *et al.*, 2003). Hästar är jämnvarma djur vilket innebär att de strävar efter att alltid hålla temperaturen i kroppen på en och samma nivå, i hästens fall 37-38 grader. När musklerna arbetar bildas överskottsvärme som måste avges från kroppen. Värmeavgivning sker genom strålning, konvektion, konduktion samt avdunstning (Sjaastad *et al.*, 2003). Eftersom klippning och täckning påverkar hästens värmeavgivning behövs mer forskning på området.

Syftet med denna studie är att undersöka det fysiologiska svaret på träning och återhämtning hos islandshästar samt hur detta påverkas av att hästarna är klippta eller oklippta samt förses med täcke efter träning.

## LITTERATURÖVERSIKT

### Islandshästen

Världen över finns cirka 250 000 islandshästar, varav cirka 27 000 i Sverige (FEIF, 2013). I Sverige är islandshästen den tredje vanligaste hästrasen och har genom åren stadigt ökat i popularitet, främst beroende på sitt trevliga temperament och sina fem gångarter (skritt, trav, tölt, galopp och pass). Rasen har utvecklats ur hästar som togs till Island från Skandinavien och de brittiska öarna för 1100 år sedan (Svenska Islandshästförbundet, 2013). 982 e.kr förbjöds import av hästar till Island och sedan dess har rasen hållits intakt och utvecklats under de förhållanden som råder där (Evans, 2008). Rasen är således mycket väl adapterad till det nordiska klimatet. Trots att inga nya raser korsats in på så lång tid och att aveln varit selektiv, vilket gör att genpoolen är liten, är islandshästens genetiska profil stabil. Det är annars vanligt att raser med litet genetiskt material på grund av selektionstrycket drabbas hårt vid till exempel sjukdomar och miljöförändringar. Hos islandshästen har detta inte setts (Campana *et al.*, 2012).

Islandshästen var från början en arbetshäst men började efter andra världskrigets slut avlas för sport och tävling. Den är en liten (ca 130-140 cm i mankhöjd), robust häst av kallblodstyp, även om aveln har gått mot allt smäckrare och mer högbenta hästar (personligt meddelande, Stefansdottir). Avelsbedömningar hålls varje år i de länder som bedriver avel. Då visas hästarna både vid hand och under ryttare. Exteriör, gångarter samt hur hästen rör sig under ryttare bedöms. Dessutom tävlas hästarna i gångartsridning, gaedingakeppni, passrace samt TREC (Svenska Islandshästförbundet, 2013). Gaedingakeppni och TREC är ganska nya grenar. I gaedingakeppni bedöms gångarterna precis som i vanlig gångartstävling men extra fokus läggs på hästens prestation och dess vilja och utstrålning. TREC är en förkortning av det franska namnet ”Technique de Randonnee Equestre de Competition”, som på svenska skulle kunna översättas till ”Tävling i uteritt.” Det är en internationell tävlingsform där alla raser kan delta. Man tävlar i tre grenar: hinderteknikbana, gångartstest och orienteringsridning på idealtid (TREC Sverige, 2013).

Islandshästen kom till Sverige för första gången i slutet på 1800-talet. Första gången en större grupp hästar importerades var 1910. I början användes hästarna framförallt som arbetshästar inom jordbruket. De första ridhästarna importerades 1969. Idag importeras årligen ca 350 djur. Den inhemska aveln genererar ca 1000 föl per år och håller mycket hög internationell klass (Svenska Islandshästförbundet, 2013).

Hästhållningen av islandshästar i Sverige varierar mer än för de flesta andra raser. Många islandshästar hålls i stora flockar och går ute dygnet runt året om med tillgång till vindskydd. Andra hästar, t.ex. de som tränas



*Bild 1. Kraftig vinterpäls på islandshästar i vinterklimat. Foto: Karin Jacobsson, 2012.*

och tävlas mycket, hålls uppstallade på nätterna, klipps och beläggs med täcke, och driftsformen liknar den för varmblodiga hästar. Islandshästar som hålls utomhus dygnet runt året om sätter en mycket kraftig och lång vinterpäls (bild 1).

## Temperaturreglering

### *Termofysiologi*

Hästar är jämnvarma djur vilket innebär att de strävar efter att hålla en konstant kroppstemperatur på 37-38 grader oavsett den omgivningstemperatur de befinner sig i (Langlois, 1994). Att deras förmåga till temperaturreglering är mycket god styrks av att hästar finns i vitt skilda klimat, allt från tropiska till subarktiska (Cymbaluk, 1994). Temperaturregleringen styrs av det termoregulatoriska centrat i hjärnan, vilket utgörs av neuron i främre hypotalamus (Freeman & Davis, 1959; Sjaastad *et al.*, 2003; Nakamura, 2011). Det termoregulatoriska centrat får information från afferenta sensoriska nerver. Informationen kommer dels från huden, dels från bukhålan och dels från neuron i hjärna och ryggmärg (Nakamura, 2011). Om man kyler det preoptiska området i hypotalamus börjar djurets muskulatur skaka, vilket leder till ökad värmealstring, så kallad "shivering thermogenesis" (Hellstrom & Hammel, 1967; Jacobson & Squires, 1970). Det ger också ökade nivåer av metabola hormoner, t.ex. thyroxin (Evans & Ingram, 1974). "Non-shivering thermogenesis", det vill säga termogenesen i de bruna fettcellerna, styrs också av hypotalamus (Cannon & Nedergaard, 2004). Om man sänder elektriska impulser genom nervkärnor i ventromediala hypotalamus (VHM) upphör termogenesen i den bruna fettväven, liksom om man värmer det preoptiska området till 41,5 grader (Chen *et al.*, 1998). Kylning av huden gör att blodflödet till huden minskas genom vasokonstriktion (Sjaastad *et al.*, 2003). Vid signaler om värme uppstår istället svettning, vasodilatation och beteendeförändringar som främjar värmeavgivning (Hammouda, 1933; Adair, 1977; Sjaastad *et al.*, 2003). Hos vissa djurslag, t.ex. hundar, initieras också hässjning (snabb, flåsande andning utan koldioxidutbyte) (Hammouda, 1933).

Kroppstemperaturen påverkas av fyra olika fysiska mekanismer: Avdunstning, strålning, konvektion samt konduktion. Storleken på temperaturskillnaden mellan djurets hud och omgivningen styr magnituden och riktningen på värmeavgivningen (Sjaastad *et al.*, 2003).

Den termoneutrala zonen är det temperaturintervall inom vilket förändringar av genomblödningen till huden är tillräckliga för att upprätthålla rätt kärntemperatur (Sjaastad *et al.*, 2003). Hästar som hålls ute dygnet runt under vinterhalvåret har sannolikt en termoneutral zon mellan +10 och -15 grader förutsatt att det är vindstilla (McBride *et al.*, 1985). McBrides studie gjordes på vuxna quarterhästar i Kanada. Den termoneutrala zonen är individuell för varje häst och beror på många faktorer, t.ex. hästens fettmängd, pälskvalitet, ras och ålder (Sjaastad *et al.*, 2003). Den temperatur vid vilken hästen måste börja öka termogenesen och minska värmeavgivningen för att bibehålla rätt kroppstemperatur kallas för den nedre kritiska temperaturen. Den övre kritiska temperaturen definieras istället som den temperatur vid vilken ämnesomsättningen ökar något för att möta det extra behovet av energi som behövs för en ökad värmeavgivning (Sjaastad *et al.*, 2003).

### **Hudtemperatur, vasokonstriktion och vasodilatation**

Huden har en mycket avgörande roll för temperaturregleringen. Genom att styra blodflödet till huden reglerar kroppen hur stor påverkan omgivningstemperaturen ska få på hästen (Sjaastad *et al.*, 2003). Vid vila i kallt klimat är blodflödet till huden mycket litet medan det i varmt klimat eller under träning kan uppgå till ca 60 % av hjärtminutvolymen (Charkoudian, 2010). Blodflödet till huden styrs genom ett samspel som innefattar både reflexmekanismer och lokala kontrollmekanismer. Två olika grenar av sympatiska nerver står för de reflektoriska mekanismerna. Dels en noradrenerg som styr vasokonstriktion och dels en kolinerg, vasodilaterande. Vid nedkylning ökar aktiviteten i den noradrenerga. Uppvärmning hämmar istället aktiviteten och vid kraftiga eller längre temperaturstegringar ökar dessutom aktiviteten i den kolinerga, vasodilaterande grenen (Johnson & Kellogg, 2010).

De lokala kontrollmekanismererna reagerar även de, precis som reflexmekanismer, på såväl värme som kyla. Vid lokal kylning av huden sker en vasokonstriktion. Den orsakas genom att flera olika mekanismer samverkar. Dels inhiberas frisättningen av kväveoxid, som normalt bidrar till vasodilatation. Dessutom ökar frisättningen av noradrenalin från nervändar (Hodges *et al.*, 2006) vilket bidrar till vasokonstriktion. Kylningen aktiverar rho-kinas som i sin tur bidrar till den vasokonstriktion som fås genom att förflytta fler av en speciell sort  $\alpha_2$ -receptorer till cellytan samt öka känsligheten för kalcium i glatt muskulatur i kärlväggar (Bailey *et al.*, 2004). Vid uppvärmning av huden sker istället en vasodilatation. Det sker via en samverkan mellan kväveoxid, adrenerga nerver och sensoriska nerver (Magerl & Treede, 1996; Kellogg *et al.*, 1999; Charkoudian *et al.*, 2002).

### **Pälsens betydelse**

Hästens päls fyller en viktig funktion för att hålla den varm i ett kallt klimat. Uppvärmad luft stannar i pälsen och blir ett isolerande lager istället för att föras bort. Effektiv temperaturavgivning genom svettning försvåras eftersom pälsen blöts ner istället för att svetten avdunstar direkt från ytan (Sjaastad *et al.*, 2003). Sättandet av vinterpäls styrs av kroppens melatoninnivåer, som i sin tur påverkas av dagslängden (Sjaastad *et al.*, 2003). Den faktiska utomhustemperaturen spelar alltså ingen betydande roll och skulle vintern bli mild har hästen ingen möjlighet att reglera sin pälsmängd. Vid träning av hästar med full vinterpäls skulle det kunna finnas risk för att de kan bli överhettade, vilket diskuteras av Wallsten *et al.*, (2012). I en studie av Morgan *et al.* (2002) uppvisade klippta hästar en mindre höjning av den venösa blodtemperaturen under ett träningspass än vad oklippta gjorde vilket innebär att de har en effektivare värmeavgivning än oklippta. I samma studie sågs också signifikanta skillnader mellan klippta och oklippta med avseende på hudtemperatur och differens mellan hudtemperatur och omgivningstemperatur. De klippta hästarna uppvisade i genomsnitt två grader högre hudtemperaturer och hade även större differens mellan hudtemperatur och omgivningstemperatur, förutom vid träningsprogrammets peak. Som nämnts tidigare är det magnituden på temperaturskillnaden som driver värmeutjämningen. De klippta hästarna behövde kortare tid efter träning innan de åter hade samma andningsfrekvens som vid träningens början. Dessutom uppvisade de i lägre grad värmeavgivning genom avdunstning än vad oklippta gjorde (Morgan *et al.*, 2002) vilket tyder på att de på ett effektivare sätt kan utnyttja strålning, konduktion och konvektion för värmeavgivning.

## **Djurhållningens påverkan på termoregleringen**

Ägare till islandshästar som går ute dygnet runt upplever ofta att hästarna inte använder de vindskydd som finns i hagarna. Detta sågs också i en studie av Ingólfsdóttir & Sigurjonsdóttir (2008) då 110 hästar uppdelade i sex olika grupper studerades. Endast en av grupperna spenderade någon mätbar tid (2,3 % av studerad tid) i vindskyddet. Denna grupp bestod nästan enbart av unga individer (medelålder 3,5 år, n=28). Hästarna besökte vindskyddet vid 15 tillfällen mellan december och maj. Vid regressionsanalys av vindhastighet, vindriktning och temperatur kunde ett samband ses vid elva av dessa tillfällen. Sannolikheten för att hästarna skulle stå i vindskyddet var störst då det var minusgrader och sydliga eller ostliga vindar. Yngre, växande djur har ofta mindre kroppsfett, som isolerar mot kyla, än äldre djur. Detta skulle kunna vara en del av förklaringen till att de sökte skydd. Författarna till studien menar också att det i grupperna med äldre hästar sannolikt är så att de dominanta hästarnas val påverkar hela gruppens. De dominanta stod placerade i flocken på ett sätt som gjorde att de skyddades från vinden av de mindre dominanta, och var därför sannolikt inte i behov av vindskydd. De lägre rankade hästarna föredrog då ändå att hålla ihop med övriga gruppen framför att själva gå in i vindskyddet (Ingólfsdóttir & Sigurjonsdóttir, 2008).

I en studie på islandshästar som vistades utomhus dygnet runt i Norge sågs en del intressanta resultat. Observationer genomfördes vintertid under tre säsonger, i temperaturer varierande från +7 till -31 grader, med vindhastigheter mellan 0 och 15 m/s. Eftersom hästarna bibehöll sitt hull, inte ändrade sitt liggbeteende, inte hade någon ökning av det metabola sköldkörtelhormonet T4 vid låga temperaturer, och endast en häst sågs skaka vid ett enda tillfälle drog författarna slutsatsen att islandshästarnas termoreglering inte var allvarligt utmanad trots de låga temperaturerna (Mejdell & Boe, 2005). Viktigt var dock att alla hästar i studien hade obegränsad tillgång till grovfoder (vars nedbrytning i grovtarmen alstrar värme) samt hade tillgång till vindskydd med halm. I denna studie sågs flest hästar befinna sig i vindskyddet vid blåsiga och regniga förhållanden. Snöfall ökade inte andelen hästar som befann sig i vindskyddet. Under de kalla dagarna var det aldrig blåsigt och när man jämförde dessa såg man en större andel av hästarna befann sig i vindskyddet ju lägre temperatur det var. Författarna menar att det var förvånande att fler hästar var i vindskyddet ju kallare det var eftersom det inte var blåsigt dessa dagar och ett vindskydd då kan tyckas onödigt. MacCormack & Bruce (1991) uppskattade dock att värmeförlusten per kvadratmeter ytarea minskade med 20 % då hästar befinner sig i skydd av fyra väggar jämfört med att vara utomhus.

## **Fysiologiska parametrar**

### **Hjärtfrekvens**

Det talas ofta om att det under träning finns en konflikt om blodflöde mellan huden och de arbetande musklerna (Rowell, 1974; Hargreaves *et al.*, 1999). En häst med mycket päls eller täcke kommer, i alla fall i teorin, behöva högre blodflöde till huden för att klara av sin temperaturreglering. För att detta ska uppnås måste antingen hjärtminutvolymen öka eller musklernas arbete minska. Uppmätta hjärtfrekvenser under såväl träning som

återhämningsperiod var högre hos hästar i ett varmt och fuktigt klimat än i ett svalt och torrt (Hargreaves *et al.*, 1999). I en studie av Morgan *et al.* (2002) fann man dock inga signifikanta skillnader i uppmätt hjärtfrekvens mellan klippta och oklippta travhästar som tränades på en rullmatta.

### **Andningsfrekvens**

Värmeavgivningen genom luftvägarna under träning har uppskattats uppgå till 19-30 % av den totala värmeavgivningen hos hästar (Hodgson *et al.*, 1993). Det fanns inga signifikanta skillnader i andningsfrekvens under och efter träning mellan klippta och oklippta hästar i en studie av Morgan *et al.* (2002). Klippta hästar behövde emellertid kortare tid innan de återigen uppvisade samma andningsfrekvens efter träning som de gjort innan (Morgan *et al.*, 2002). Uppmätta andningsfrekvenser under såväl träning som återhämningsperiod var högre hos hästar i ett varmt och fuktigt klimat än i ett svalt och torrt (Hargreaves *et al.*, 1999). Detta beror enligt författarna på de större termoregulatoriska krav som det varma och fuktiga klimatet utgör. Att ha lång vinterpäls och/eller täcke borde också innebära en större termoregulatorisk utmaning. I varma klimat blir dock temperaturskillnaden mellan djuret och omgivningen mindre, vilket gör att temperaturregleringen får förlita sig mer på avdunstning, varav avdunstning genom luftvägarna är en viktig del (Sjaastad *et al.*, 2003). I kallare omgivningstemperaturer ökar istället den delen av värmeavgivningen som drivs av strålning, konvektion och konduktion (Morgan *et al.*, 1997).

### **Hematokrit**

Mjälten är kroppens största reservoar av röda blodkroppar (erythrocyter). Vid träning aktiveras det sympatiska nervsystemet vilket leder till att mjälten töms och hematokritnivåerna, alltså halten av röda blodkroppar i blodet, ökar (McKeever *et al.*, 1993; Sjaastad *et al.*, 2003). Mjälttömningen sker mycket tidigt i träningspasset. Hematokriten försätter dock att öka när träningen fortgår, vilket beror på en minskning av plasmavolymen. Vätskan förflyttas från det intravaskulära rummet till interstitiet. Man har spekulerat i att detta beror på att hästen svettas och på så sätt förlorar vätska men minskning av plasmavolymen har kunnat påvisas innan hästen okulärt sett svettas, vilket tyder på att det istället är det, av träningen, ökade hydrostatiska trycket som reglerar väsketransporten (McKeever *et al.*, 1993). Hematokriten är normalt lägre hos kallblodiga hästar (28-44% i vila) än hos varmblodiga (32-53 % i vila) (Sjaastad *et al.*, 2003).

### **Totalprotein**

Det finns inte många artiklar som handlar om hur halten totalprotein (TPP) i blodet påverkas av hur utmanande de yttre faktorerna är för hästens termoreglering. Jansson *et al.* (1995) visade att halterna av totalprotein ökade under träning i såväl 20- som 35-gradig värme och att nivåerna fortfarande var förhöjda två timmar efter träning trots att hästarna hade fri tillgång till vatten. Hargreaves *et al.* (1999) såg att halterna av totalprotein var lägre i ett kallt och torrt klimat än i ett varmt och fuktigt men den relativa ökningen under träningspasset var densamma och beror sannolikt på att vätska flyttas in och ut ur kärnbanorna.

## **pCO<sub>2</sub>**

pCO<sub>2</sub>, det partiella koldioxidtrycket, är ett mått på hur väl ventilationen fungerar. Vid ökat andningsutbyte, t.ex. orsakat av träning, kommer koldioxidtrycket att minska eftersom koldioxid vädras ut när man andas (Sjaastad *et al.*, 2003). Detta har visats på häst i flera studier (Taylor *et al.*, 1995; Aguilera-Tejero *et al.*, 2000). Hur/om detta påverkas av olika termoregulatoriska förutsättningar finns ingen relevant forskning på.

## **Laktat**

Laktat, eller mjölksyra, är den slutprodukt som bildas när förmågan till aerob energimetabolism överskridits och kroppen istället övergår till att utvinna ATP ur glukos genom anaerob metabolism. Glukos omvandlas då till pyruvat som vanligt, men istället för att gå in i citronsyracykeln och omvandlas till koldioxid och vatten genom oxidering ombildas det till laktat. När kroppen har tillgång till syre igen omvandlas laktat snabbt tillbaka till pyruvat och sedermera koldioxid och vatten i citronsyracykeln. Ett förhöjt blodlaktat metaboliseras till 70 % av levern och 20 % av njurarna (De Backer, 2003). Laktat kan användas prognostiskt vid många sjukdomstillstånd. På hästar används det ofta som ett prognostiskt verktyg vid t.ex. kolik och följsjukdomar (Corley *et al.*, 2005; Henderson, 2013). Laktat kan också användas som ett verktyg för att mäta träningsintensitet, fitness och träningseffekt (Takeshima & Tanaka, 1995; Courouce *et al.*, 1997; Lindner *et al.*, 2012). En vältränad individ har en högre förmåga att metabolisera laktat än en otränad (Donovan & Brooks, 1983).

Vid studier på människor har man sett att de som utförde ett träningspass i 40 graders värme hade en större ackumulerad laktatkoncentration i muskelcellerna efteråt, liksom högre plasmanivåer av laktat, än de som utförde samma träningspass i 20 graders värme, trots att syreupptagningen under träningspasset inte uppvisade några skillnader (Febbraio *et al.*, 1994; Hargreaves *et al.*, 1996). Det är dock svårt att dra några slutsatser av detta då termoregleringens effektivitet påverkas mycket av omgivningstemperaturen. Blodlaktatnivåerna har setts vara högre ju högre kroppstemperatur den som tränar haft både hos hundar och hos människor (Rowell *et al.*, 1969; Kruk *et al.*, 1985). I linje med detta har man visat att hundar som kyldes över buken under tiden de sprang på ett löpband uppnådde signifikant lägre laktatnivåer i såväl blod som muskel än hundar som inte kyldes. Hastigheten på glykogenförbrukningen var högre hos hundar som inte kyldes vilket tyder på att mer laktat bildades hos dessa hundar. Men kvoten mellan muskellaktat och blodlaktat var också högre hos de okylda hundarna vilket visar att laktatet i högre grad stannade kvar i muskelcellerna hos de varmare hundarna (Kozlowski *et al.*, 1985). I en studie där klippta och oklippta travhästars blodlaktat mättes under träning sågs dock inga signifikanta skillnader i laktatnivå (Morgan *et al.*, 2002).

## **pH**

Träning som leder till laktatbildning orsakar en försurning av kroppen eftersom laktat binds till väte och bildar mjölksyra. Hos hästar har man i linje med detta sett att pH sjunker under träning (Taylor *et al.*, 1995; Aguilera-Tejero *et al.*, 2000). Träningen leder dock oftast också till en förhöjd andningsfrekvens som kompenserar den acidosis som eventuellt uppstår eftersom

koldioxid vädras ut i högre grad än normalt. Den extracellulära vätskan hos däggdjur har normalt pH-värden mellan 7,36 och 7,44 (Sjaastad *et al.*, 2003).

### **Kalium**

Kalium är en katjon, alltså en positivt laddad jon, som normalt finns i hög halt intracellulärt. Vid hårt arbete, då pH sjunker, pumpas H<sup>+</sup> in i cellerna och kalium ut till den extracellulära vätskan för att kompensera försurningen (Sjaastad *et al.*, 2003). En ökning av kaliumnivåerna i blodet under eller strax efter träning har setts hos häst i studier av Taylor *et al.* (1995) och Aguilera-Tejero *et al.* (2000).

### **Glukos**

Under träning är det främst kolhydrater i form av plasmaglukos och glykogenreserver som musklerna använder som substrat för energiutvinningen (Holloszy & Kohrt, 1996). Plasmaglukos tas upp i muskelcellerna genom GLUT 4-receptorer (Rose & Richter, 2005). Taylor *et al.* (1995) visade på en ökning av glukosnivåerna i blodet under arbete hos arabhästar som tränades på en rullmatta. Hargreaves *et al.* (1996) såg att plasmaglukosnivåerna steg mer hos män som cyklade i 40-gradig värme än i 20-gradig. Att blodglukosnivåerna steg under träning berodde på att levern frisatte glukos till blodet i en högre hastighet än musklerna tog upp det (Taylor *et al.*, 1995; Hargreaves *et al.*, 1996). Hästens utfodringsrutiner och vilken typ av foder den äter har också visats spela stor roll för glukosnivåerna under träning (personligt meddelande, Jansson) och har bland annat setts påverka insulinnivåerna, och därmed glukosmetabolismen, efter träning (Jansson *et al.*, 2006).

### **Rektaltemperatur**

Rektaltemperatur är ett frekvent använt mått på temperatur inom såväl forskning som klinisk veterinärmedicin. Uppmätta rektaltemperaturer under såväl träning som återhämtningsperiod var högre hos hästar i ett varmt och fuktigt klimat än i ett svalt och torrt (Hargreaves *et al.*, 1999). Hundar som sprang på ett löpband uppvisade en mindre ökning av rektaltemperaturen då de kyldes över buken under träningen än då de inte kylades (Kozlowski *et al.*, 1985). Hodgson *et al.* (1993) mätte rektal-, blod- och muskeltemperaturer hos hästar som tränades i tre olika intensiteter och såg att rektaltemperaturen i genomsnitt låg cirka två grader lägre än uppmätta muskeltemperaturer. I studien av Hargreaves *et al.* (1999) fortsatte rektaltemperaturen att öka även efter träning i det varma och fuktiga klimatet. Även i studien av Hodgson *et al.* (1993) uppvisade rektaltemperaturen en viss fördröjning såtillvida att den, för de två högre av de tre intensiteterna, fortsatte att öka under de första tre minuterna efter att träning avslutats. Rektaltemperaturen låg på samma nivå vid träningens slut oavsett intensitet, till skillnad från temperaturen i blod och muskel som var högre ju högre intensitet. Detta i kombination med att rektaltemperaturen fortsatte att öka efter avslutat pass visar enligt författarna på att utjämningen av kroppsvärme går långsamt och att rektaltemperaturen därför kan vara vansklig att använda som ett mått på inre kroppstemperatur.



## MATERIAL OCH METOD

Den här studien genomfördes på sex stycken islandshästar, tre ston och tre valacker, i åldrarna 6-16 år ( $12 \pm 4$ ). Data presenteras som medelvärde  $\pm$  standardavvikelse (SE). Alla hästarna stod under studien på box inomhus nattetid medan tre av dem i vanliga fall hölls i ett nybyggt ActiveStable (ASHIT-Active Stable®), vilket är en lösdriftsform där hästar hålls i grupp med individuella, automatiserade utfodringsrutiner baserade på ett chipsystem. Samtliga hästar var i god grundkondition och hade vid studiens början full vinterpäls (halsens vänstra sida  $3,6 \pm 0,5$  cm, korsets vänstra sida  $3,3 \pm 0,5$  cm). Hästarna utfodrades med hösilage och vägde mellan 350 och 408 kg ( $386 \pm 21$  kg; se tabell 1).

Tabell 1. Information om deltagande hästar

	Ymir	Blika	Thengill	Björk	Frida	Isak
Ålder (år)	16	13	13	16	6	10
Kön	Valack	Sto	Valack	Sto	Sto	Valack
Vikt (kg)	408	375	386	396	400	351
Hösilage (kg/dag)	6	7	10	10	8	10
Hästhållning	Box	Box	Active Stable	Active Stable	Box	Active Stable
Pälslängd hals (cm)	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	2,8
Pälslängd länd (cm)	3,5	3,0	3,5	3,0	4,0	2,5

Studien genomfördes i hästarnas hemmiljö på Wången i Alsen, Jämtland, Sverige i månadskiftet oktober-november 2013. Temperatur och luftfuktighet i stallar och ridhus mättes med sensorer (Hobo Data Loggers, Onset Computer Corporation, USA). Utomhustemperaturer inhämtades från SMHI (Sveriges metrologiska och hydrologiska institut, Norrköping, Sverige). För mer information om temperaturer, se tabell 2.

Tabell 2. Temperaturer (temp i °C; medelvärde) och luftfuktighet (fukt i %; medelvärde) i stall, ridhus och utomhus

	Dagtid	Stall		Ridhus		Utomhus	
		Temp	Fukt	Temp	Fukt	Temp	Fukt
Onsdag eftermiddag 30/10	13:00-17:00	+8,7	76,4	+10,1	71,9	+1,6	82,6
Torsdag förmiddag 31/10	10:00-12:00	+7,2	81,6	+9,2	78,1	+1,3	86,0
Torsdag eftermiddag 31/10	13:00-15:00	+7,8	82,6	+9,5	77,0	+2,2	79,7
Fredag förmiddag 1/11	07:00-11:00	+6,6	79,6	+8,7	81,6	+1,5	85,4
Fredag eftermiddag 1/11	12:00-16:00	+7,7	82,1	+8,9	76,5	+1,5	93,8

Studien är godkänd av djurförsöksetiska nämnden, Umeå, Sverige.

## Experimentets upplägg

Hästarna genomgick fyra olika behandlingar under tre dagar. Behandlingarna var: 1) oklippt, (2) oklippt med täcke, 3) klippt och 4) klippt med täcke. Behandlingsschemat åskådliggörs av tabell 3. Dag ett och två var hästarna oklippta för att på kvällen dag två halvklippas inför försöken dag tre (se bild 2). Vid varje behandling genomförde hästarna ett standardiserat arbetspass som tog ca 40 minuter. Hästarna genomförde arbetspassen tre åt gången och reds av tre studenter ur årskurs två på Hippologprogrammet, Wången, SLU. Hästarna reds av samma ryttare varje gång och varje ryttare red två olika hästar (se tabell 3).



Bild 2. Hästarna halvklippes på kvällen dag två. Foto: Elke Hartmann, 2013.

Tabell 3. Behandlingsschema (O=oklippt, OT=oklippt med täcke, K=klippt, KT=klippt med täcke)

Häst	Onsdag	Torsdag	Fredag förmiddag	Fredag eftermiddag	Ryttare
Ymir	OT	O	KT	K	1
Frida	O	OT	K	KT	2
Björk	O	OT	K	KT	3
Blika	OT	O	KT	K	1
Thengill	OT	O	KT	K	2
Isak	O	OT	K	KT	3

Inför varje behandling smörjdes hästarna först med EMLA-kräm (AstraZeneca, London, Storbritannien) och fick sedan en subkutan injektion med Xylokain (AstraZeneca, London, Storbritannien) i det område av jugularfåran där blodprov skulle tas. Försöket inleddes med två kontrollmätningar i stallet (1, 2, se tabell 4). Mellan mättillfälle 1 och 2 försågs samtliga hästar med sadel och träns. Då mätning 2 var slutförd följde en kort promenad (200 m) vid hand från stallet till ridhuset. Efter mätning (3) vid ankomst till ridhuset följde uppsittning, varefter hästarna värmdes upp i skritt följt av trav och galopp enligt ett standardiserat protokoll, under ca 15 minuter. Efter mätning (4) följde sex galoppintervaller i maxfart, mellan intervallerna travade hästarna. Varje intervall var ett varv lång (ridhusmått 60x30 meter). Efter intervallerna genomfördes mätning (5). Efter denna försågs vissa av hästarna med ulltäcke (125 cm, Catago, Eldorado, Danmark) enligt ett schema som lottades första dagen och sedan var detsamma vid varje behandling. Därefter följde två minuter skritt i ridhuset, följt av mätning (6). Efter detta följde avsittning och promenad vid hand tillbaka till

stallet. Med början tio minuter efter mätning (5) följde sedan mätningar var tionde minut under 60 minuter (7-12). Mättillfällena och provtagningsschemat åskådliggörs i tabell 4.

Tabell 4. Mättillfällena och provtagningar

Mättillfällena	Var/när?	Blodprov	Rektaltemp	Hudtemp TH	Hudtemp IR	Hjärtfrekvens	Andningsfrekvens
1	I stallgången innan sadling	x	x	x	x	x	x
2	I stallgången efter sadling		x	x	x	x	x
3	Vid ankomst till ridhuset		x		x	x	x
4	Efter uppvärmning		x		x	x	x
5	Efter max	x	x		x	x	x
6	Efter 2 minuter skritt	x	x		x	x	x
7	I stallet 10 minuter efter max	x	x	x	x	x	x
8	I stallet 20 minuter efter max		x	x	x	x	x
9	I stallet 30 minuter efter max	x	x	x	x	x	x
10	I stallet 40 minuter efter max		x	x	x	x	x
11	I stallet 50 minuter efter max		x	x	x	x	x
12	I stallet 60 minuter efter max		x	x	x	x	x

Temp=temperatur, TH=thermistor, IR=infraröd termometer

Hjärtfrekvens mättes med hjälp av pulsmätare (Polar Electro Oy, Finland) och varje mätomgång inleddes med avläsning av denna parameter. Ibland hade pulsmätarna svårt att hitta signal innan träningspassets början. När det fanns anledning att misstänka felaktigheter mättes hjärtfrekvens manuellt med fonendoskop. Detta skedde i mindre än 10 % av fallen och enbart vid mättillfälle 1 och 2. Vid dessa tillfällen räknades hjärtfrekvensen under 15 sekunder. Andningsfrekvens registrerades manuellt genom att räkna flankhävningar under 15 sekunder. Hudtemperatur mättes med både thermistor (TH; Ellab, Hillerød, Danmark) och infraröd termometer (IR; TN1, Electronic Temperature Instruments Ltd., Storbritannien) på ett litet, ca 3x3 cm, rakat område på halsens högra och vänstra sida samt på vänster och höger sida om korset. Under arbetspassen användes bara infraröd termometer för att minimera provtagningstiden. Rektaltemperatur mättes med termometer (Flex Temp Smart, Omron healthcare Co. Ltd., Kyoto, Japan). Blodprov togs i 5 ml litium-heparinrör (Sarstedt, Nümbrecht, Tyskland) genom punktering av jugularvenen med Vacutainer (BD, USA).

## **Analysmetoder**

### ***Analys av blodparametrar***

Blodet analyserades med avseende på ett flertal parametrar direkt i stallet, däribland pH, hematokrit, totalprotein, pCO<sub>2</sub> samt elektrolyter. Hematokrit mättes efter centrifugering (ALC haematocrit Centrifug 4203, ALC Apparocchi per Laboratori Chimici, Milano, Italien). Totalprotein analyserades med TS refraktometer (Leica Inc., Buffalo, NY, USA). Kalium, glukos, pH och pCO<sub>2</sub> analyserades med i-Stat (Abbott Point of Care, USA). Plasma frystes ned (-20 grader) för analys av laktat vid ett senare tillfälle. Laktat analyserades då med hjälp av ett UV-test på mikrotiterplatta (Boehringer Mannheim, Tyskland).

I-stat är en portabel maskin för blodprovsanalys, ursprungligen utvecklad för humansidan. Den använder sig av biosensorteknologi och går att använda för mätning av en mängd olika blodparametrar. I en studie av Silverman och Birks (2002) utvärderades i-Stat för användning på häst med avseende på pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, Base Access och laktat. I-stat uppvisade god precision och pålitlighet för pH, pO<sub>2</sub> och pCO<sub>2</sub>. För laktat var resultaten inte lika korrekta men pålitliga såtillvida att skillnaderna var konstanta så om man är medveten om dem och använder sig av samma analysmetod varje gång borde det inte vara några problem.

### ***Statistisk analys***

Data hanterades i Excel (Microsoft Corporation, USA). Resultaten analyserades med SAS (version 9.3, SAS, USA). Signifikansnivån sattes till 5 %. Data analyserades med hjälp av Proc Mixed Model med de fastställda faktorerna behandling (täcke/inte täcke), päls (klippt/oklippt), prov (mättillfälle) samt interaktionstermer av dessa. Skillnader mellan medelvärden räknades ut och jämfördes i Tukey's test som korrigerades för multipla jämförelser. Data presenteras som medelvärden baserade på minsta kvadratmetoden (least square means) och standardavvikelse (SE).

Skillnaden mellan täckenas vikt före och efter behandling analyserades med parat t-test i Microsoft Excel 2010 (Microsoft, USA).

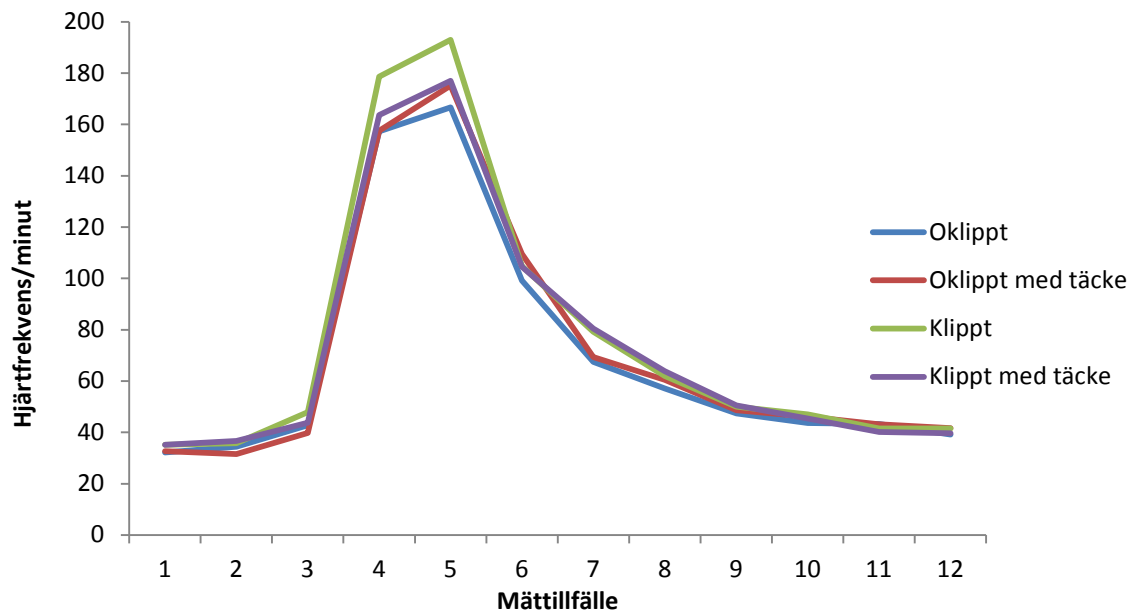
## **RESULTAT**

### **Hjärtfrekvens**

Hjärtfrekvenserna låg initialt (mättillfälle 1 och 2) på normala vilopulsnivåer (35±2 slag/minut). Efter att hästarna skrittat till ridhuset låg pulsen på 45±2 slag/minut. Därefter ökade den successivt under uppvärmningen allteftersom farten steg. Vid samtliga behandlingar uppmättes de högsta hjärtfrekvenserna vid mättillfälle 5 (173±2 slag/minut), alltså direkt efter de sex galoppintervallerna. Därefter följde en kontinuerlig nedgång under den närmaste timmen och vid det sista mättillfället var frekvenserna i nivå med de innan träningspasset (41±2 slag/minut).

Hjärtfrekvenserna vid de olika mättillfällena var likartade mellan behandlingarna. I figur 1 visas medelvärdena vid respektive behandling. Klippta hästar (med/utan täcke) hade signifikant högre hjärtfrekvenser än oklippta (med/utan täcke) vid mättillfälle 4 ( $P=0.048$ ), i övrigt fanns inga statistiska skillnader mellan olika behandlingar. Det ser ut i figur 1 som att

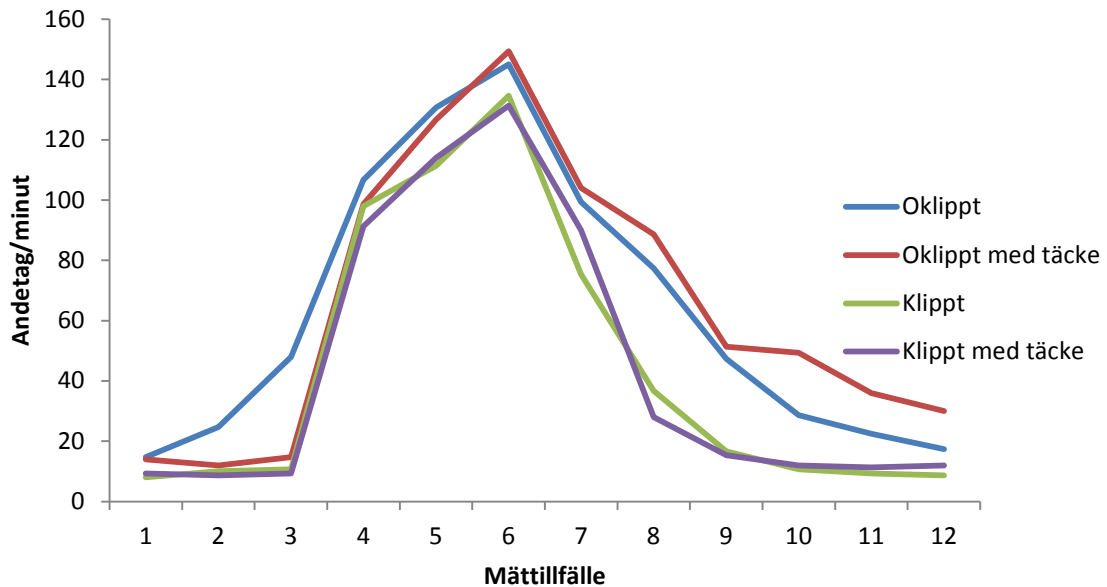
det fanns en skillnad i hjärtfrekvens även vid mättillfälle 5, men när pulsmätarkurvorna granskades i efterhand och maxpulserna under den sista intervallen jämfördes var skillnaderna mycket små. Täcket påverkade inte hjärtfrekvensen.



Figur 1. Hjärtfrekvens vid respektive behandling.

## Andningsfrekvens

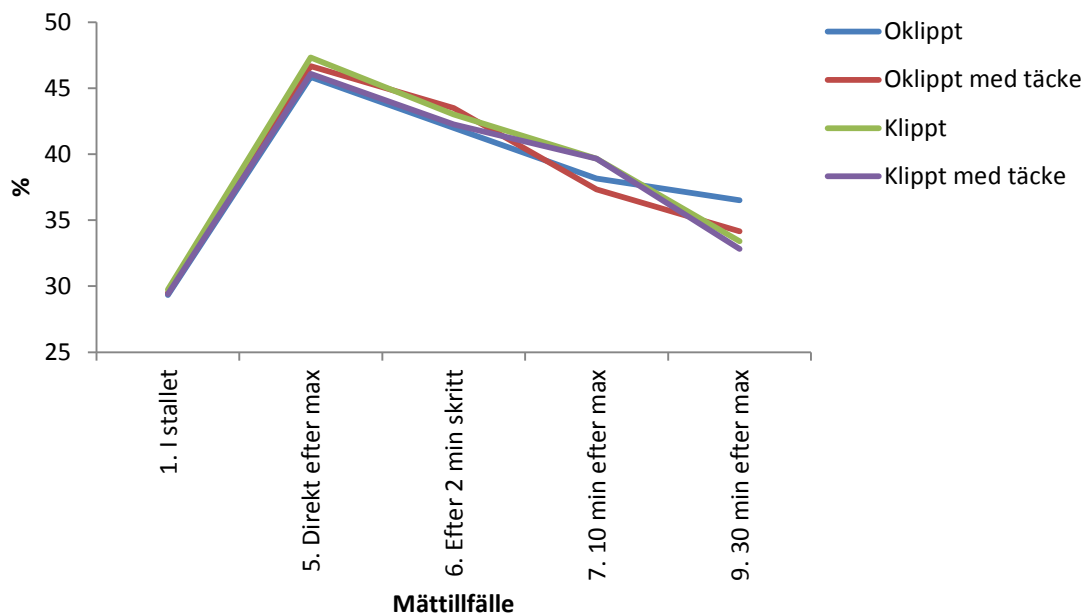
Andningsfrekvenserna var  $12 \pm 6$  andetag/minut vid mättillfälle 1 och  $14 \pm 6$  andetag/minut vid mättillfälle 2. De steg sedan succesivt och högst andningsfrekvenser uppmättes för samtliga behandlingar vid mättillfälle 6. Andningsfrekvensen fortsatte alltså att öka även under de två minuter som hästarna skrittades av i ridhuset. Klippta hästar som försetts med täcke hade allra högst medelvärden vid detta mättillfälle (se figur 2). Skillnaderna mellan behandlingar var dock inte statistiskt signifikanta vid mättillfälle 6. Det var de däremot vid mättillfälle 8 och 9. Klippta hästar (med/utan täcke) hade vid mättillfälle 8 i genomsnitt  $32 \pm 8$  andetag/minut jämfört med oklippta (med/utan täcke) som hade  $84 \pm 8$  andetag/minut ( $P=0.0001$ ). Vid mättillfälle 9 hade klippta hästar (med/utan täcke)  $16 \pm 8$  andetag/minut jämfört med  $50 \pm 8$  för oklippta (med/utan täcke) ( $P=0.0163$ ).



Figur 2. Mätvärden för andningsfrekvens vid respektive behandling.

## Hematokrit

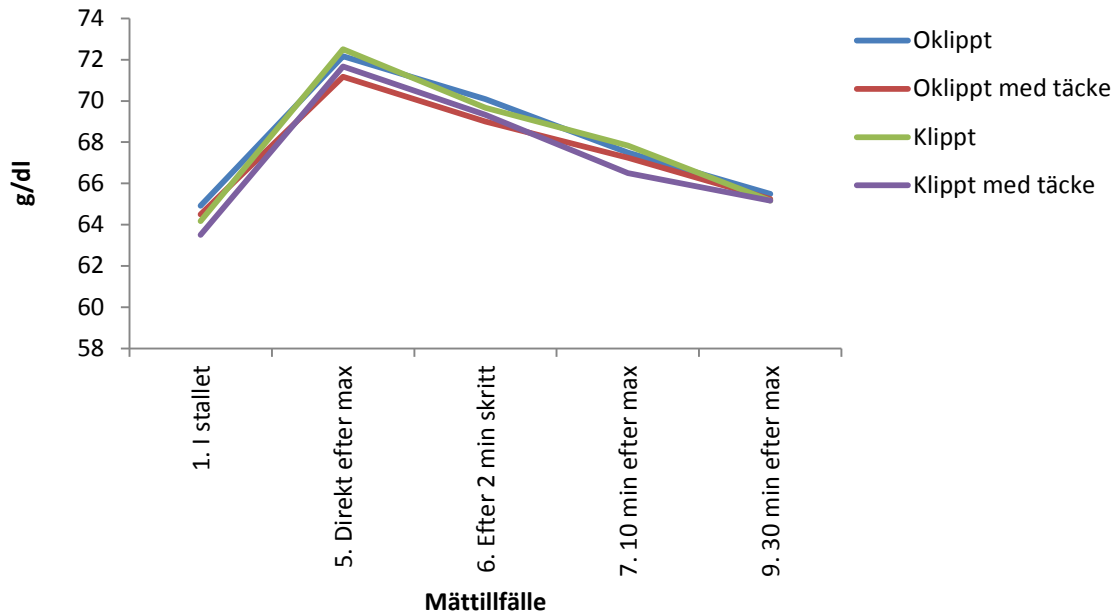
Hematokritvärdena uppvisade inga signifikanta skillnader mellan behandlingar. Hästarnas medelvärden låg initialt på  $29,4 \pm 1,3$  % för att vid mättillfälle 5, direkt efter galoppintervallerna, ha stigit signifikant till  $46,4 \pm 1,3$  % ( $P < 0.0001$ ) (se figur 3). Återhämtningen var sedan linjär och likartad för samtliga behandlingar. Nivåerna var vid den sista mätningen, en halvtimme efter avslutat arbete, fortfarande högre än innan arbetspasset ( $P < 0.0001$ ).



Figur 3. Hematokrit vid respektive behandling.

## Totalprotein

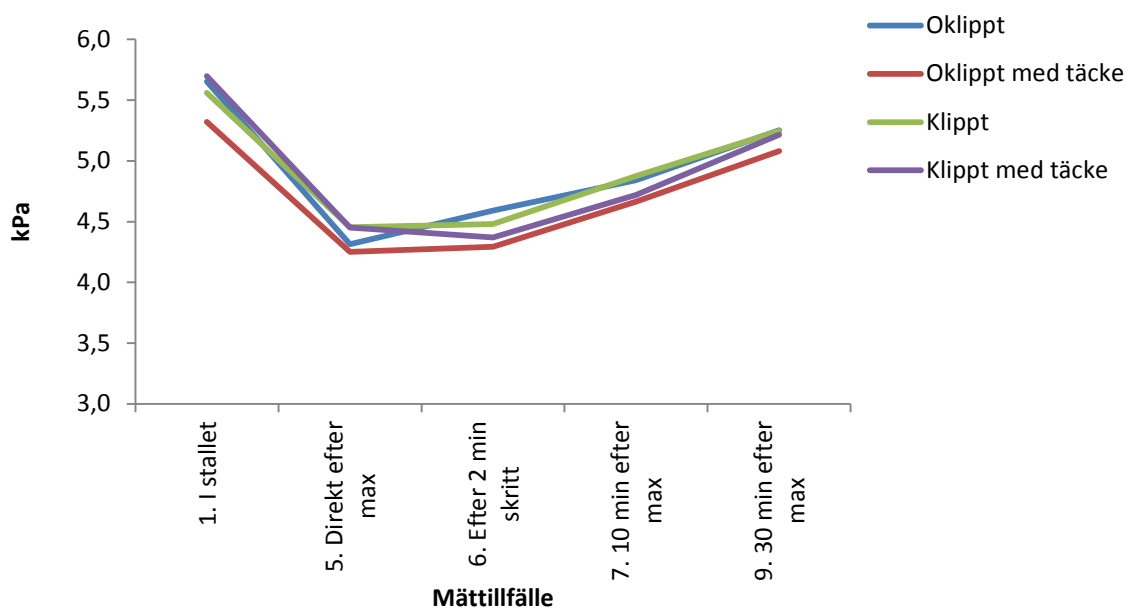
För totalprotein fanns inga skillnader mellan behandlingar (se figur 4). Nivåerna ökade under arbetet och kulminerade vid mättillfälle 5, direkt efter galoppintervallerna. Därefter minskade halterna successivt och hade återgått till ursprungsnivåerna 30 minuter efter maxarbete.



Figur 4. Totalprotein vid respektive behandling.

## pCO<sub>2</sub>

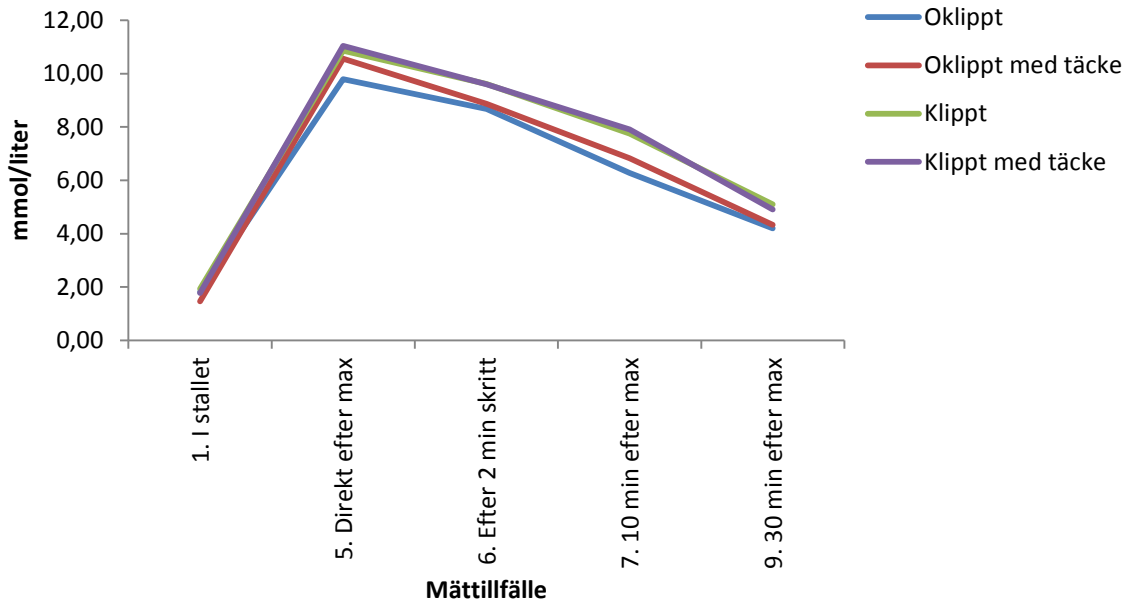
Från initialvärden på  $5,5 \pm 0,2$  kPa sjönk pCO<sub>2</sub> till lägstanivåer på  $4,3 \pm 0,3$  kPa vid mättillfälle 5 ( $P=0.0001$ ). Sedan ökade nivåerna successivt under återhämningsperioden och låg vid sista mättillfället (9) på  $5,2 \pm 0,2$  kPa. Inga skillnader fanns mellan behandlingar (se figur 5).



Figur 5. pCO<sub>2</sub>-nivåer vid respektive behandling.

## Laktat

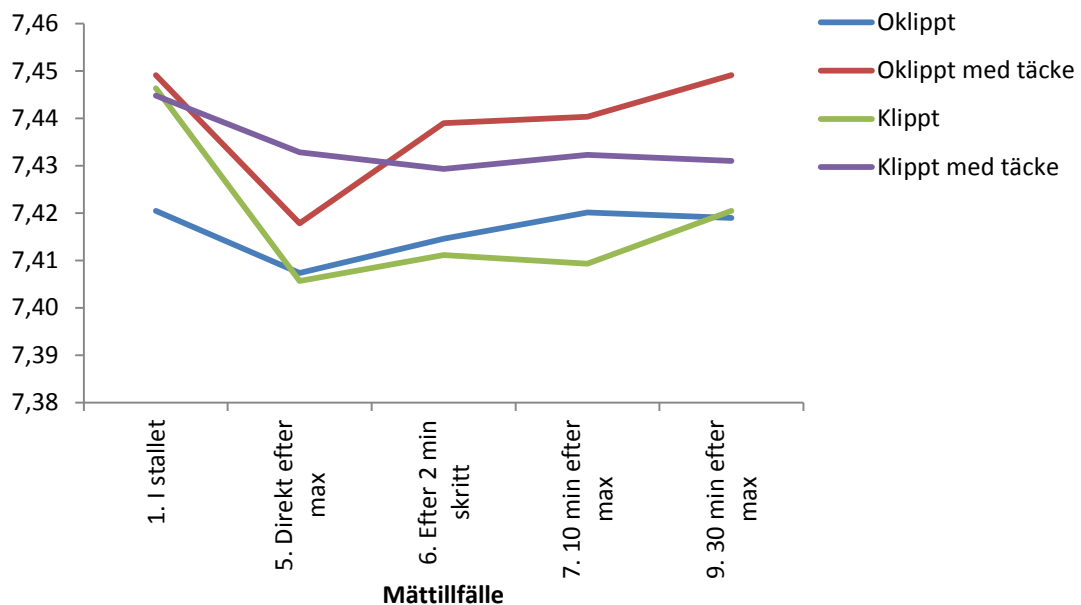
Laktatvärdena var vid mättillfälle 1 snarlika oavsett behandling ( $1,9 \pm 0,7$  mmol/liter). Efter maxarbete hade laktatet vid samtliga behandlingar stigit till i genomsnitt  $10,8 \pm 0,7$  mmol/liter ( $P=0.0001$ ). De sjönk sedan kontinuerligt men var vid den sista blodprovstagningen, 30 minuter efter maxarbete, inte i nivå med initialvärdena ( $4,8 \pm 0,7$  mmol/liter,  $P<0.0001$ ). Inga signifikanta skillnader fanns mellan behandlingar (se figur 6).



Figur 6. Laktatnivåer vid respektive behandling.

## pH

pH-värdet sjönk mellan mättillfälle 1 ( $7,44 \pm 0,01$ ) och 5 ( $7,41 \pm 0,01$ ;  $P<0.05$ ). Vid mättillfälle 6 fanns inte längre någon skillnad jämfört med vilovärdena. Inga signifikanta skillnader fanns mellan behandlingar (se figur 7).

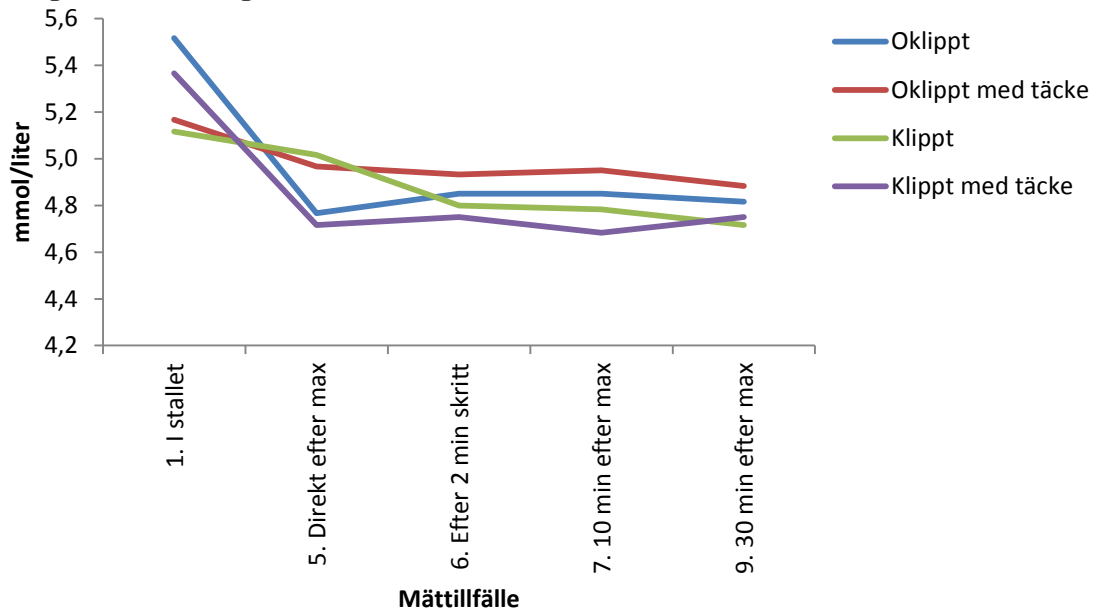


Figur 7. pH-värden vid respektive behandling.



## Glukos

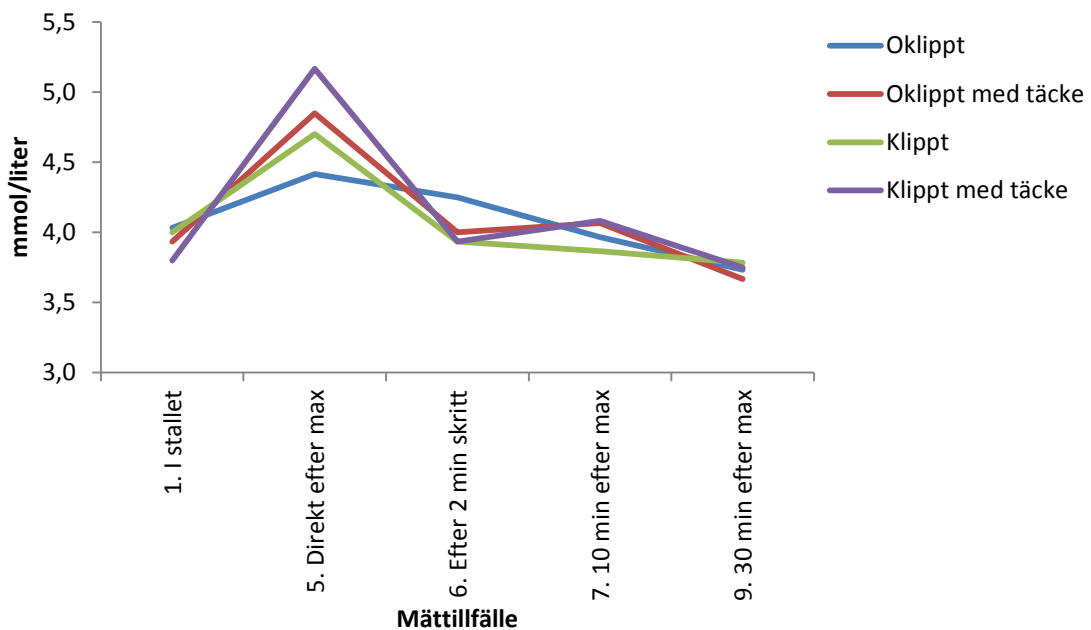
Vid samtliga behandlingar sjönk glukos mellan mättillfälle 1 och mättillfälle 5 för att sedan stabilisera sig (se figur 8). Värdena för glukos uppvisade inte några skillnader mellan behandlingar och hade inte uppvisat någon återhämtning 30 min efter maxarbete.



Figur 8. Blodglukoskoncentration vid respektive behandling.

## Kalium

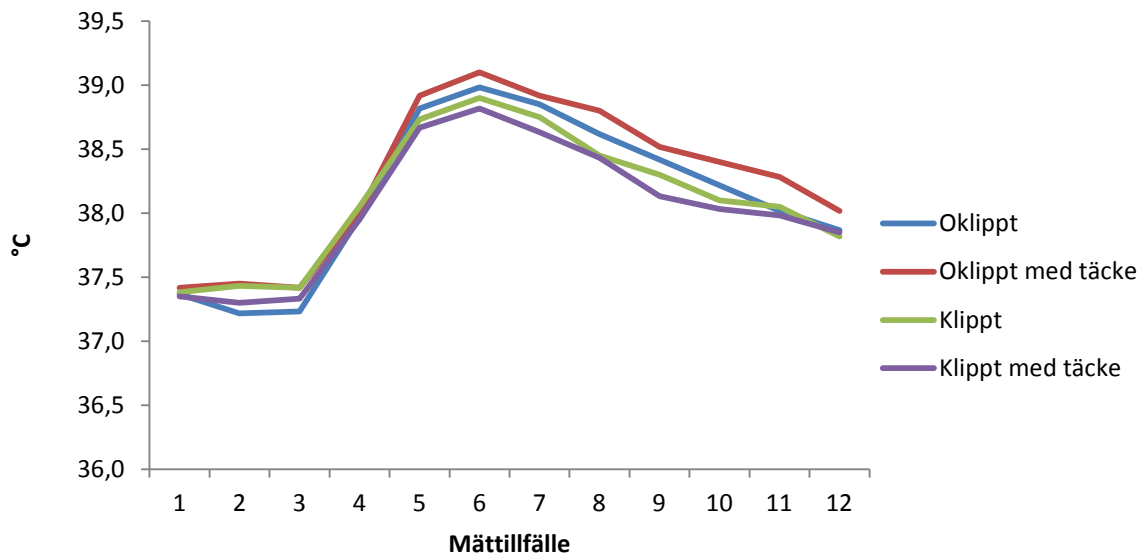
För kalium sågs inga skillnader mellan behandlingar (se figur 9). Nivåerna ökade under arbetet och var som högst vid mättillfälle 5, då nivåerna var signifikant högre än vid mättillfälle 1 ( $P < 0.0001$ ). Kaliumnivåerna hade återgått till ursprungsnivåerna vid mättillfälle 9.



Figur 9. Kaliumvärden vid respektive behandling.

## Rektaltemperatur

Inga signifikanta skillnader fanns mellan behandlingar (se figur 10). Rektaltemperaturen ökade under arbete med i snitt  $1,6^{\circ}\text{C}$ , (mättillfälle 3,  $37,4\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , mättillfälle 6  $39,0\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ,  $P<0,0001$ ). För samtliga behandlingar uppnåddes maximala värden vid mättillfälle 6, alltså efter två minuters nedskrittning i ridhuset.



Figur 10. Rektaltemperatur vid respektive behandling.

## Hudtemperatur

### Skillnader mellan mätinstrument

Hudtemperaturer mättes på halsen och vid sidan om korset på både hästens högra och vänstra sida med såväl infraröd termometer (IR) som thermistor (TH). Signifikant lägre temperaturer uppmättes med den infraröda termometern jämfört med thermistorn på samtliga mätplatser ( $P<0,0001$ ).

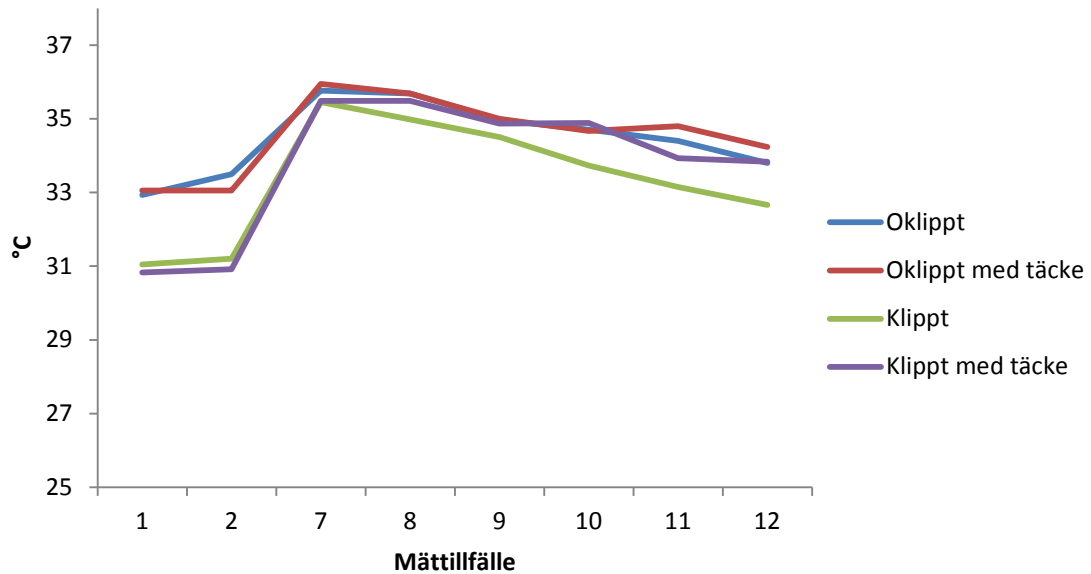
### Halstemperaturer

Temperaturen mättes på ett litet klippt område på halsen (se bild 3). Temperaturförändringarna följde ungefär samma mönster på halsens högra och vänstra sida. Från basalnivån steg de signifikant för att peaka någon gång mellan mättillfälle 5 och 7. Sedan sjönk de successivt under den studerade tidsperioden. Temperaturerna på halsens vänstersida var lägre på klippta hästar än på oklippta vid mättillfälle 1 (IR  $P<0,0001$ , TH  $P<0,0001$ ) och 2 (IR  $P<0,0001$ , TH  $P<0,0001$ ) (se figur 11 och 12). Även vid

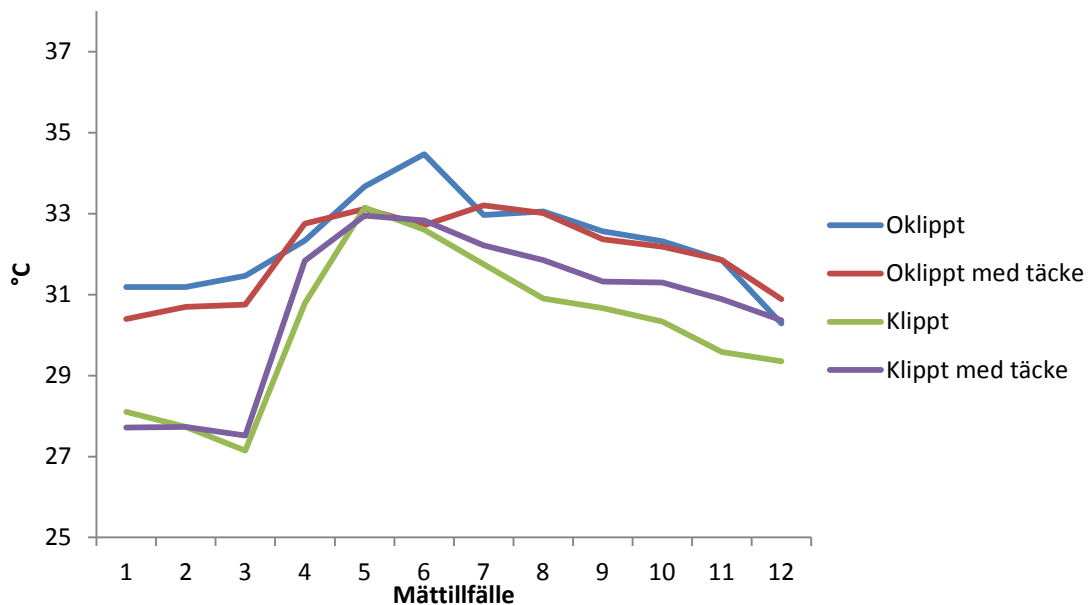


Bild 3. Temperaturen mättes på halsen (pil). Foto: Elke Hartmann, 2013.

mättillfälle 3, då enbart infraröd termometer användes, hade klippta signifikant lägre temperaturer ( $P < 0.0001$ ).



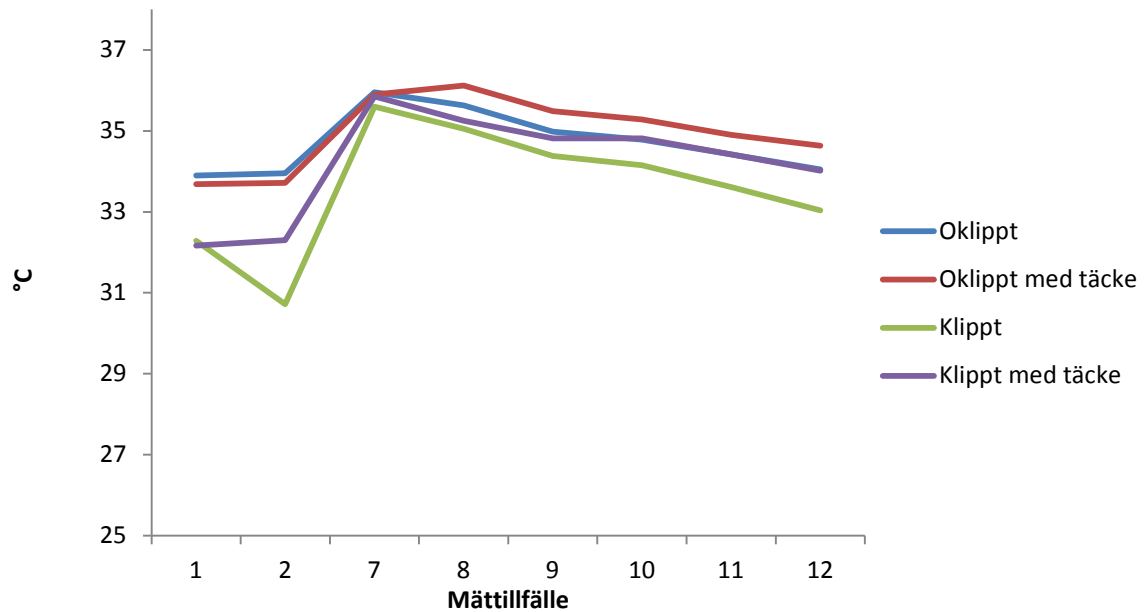
Figur 11. Temperatur vänster hals, mätmetod thermistor.



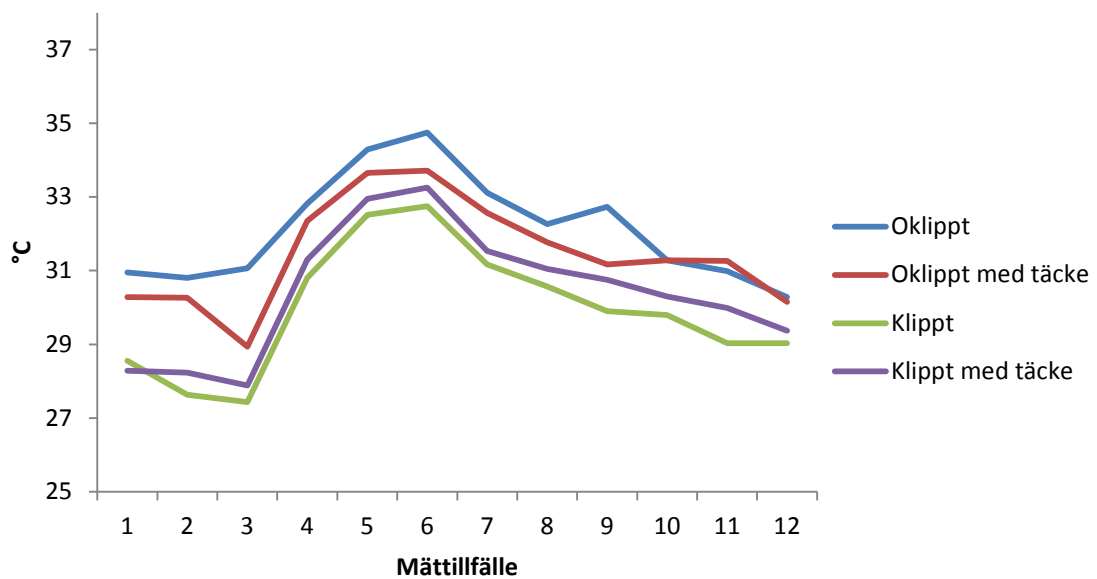
Figur 12. Temperatur vänster hals, mätmetod infraröd termometer.

På halsens högersida fanns signifikanta skillnader mellan klippta och oklippta hästar vid mättillfälle 2 för båda mätmetoderna (IR  $P < 0.0001$ , TH  $P < 0.0001$ ) (se figur 13 och 14). Klippta hästar hade lägre temperaturer (IR  $28,09 \pm 0,54^\circ\text{C}$ , TH  $31,68 \pm 0,49^\circ\text{C}$ ) än oklippta (IR  $30,66 \pm 0,49^\circ\text{C}$ , TH  $33,79 \pm 0,44^\circ\text{C}$ ) vid detta mättillfälle. Den infraröda termometern

uppmätte signifikant lägre halstemperaturer hos klippta även vid mättillfälle 1 ( $P=0.005$ ) och 3 ( $P=0.001$ ).



Figur 13. Temperatur höger hals, mätmetod thermistor.



Figur 14. Temperatur höger hals, mätmetod infraröd termometer.

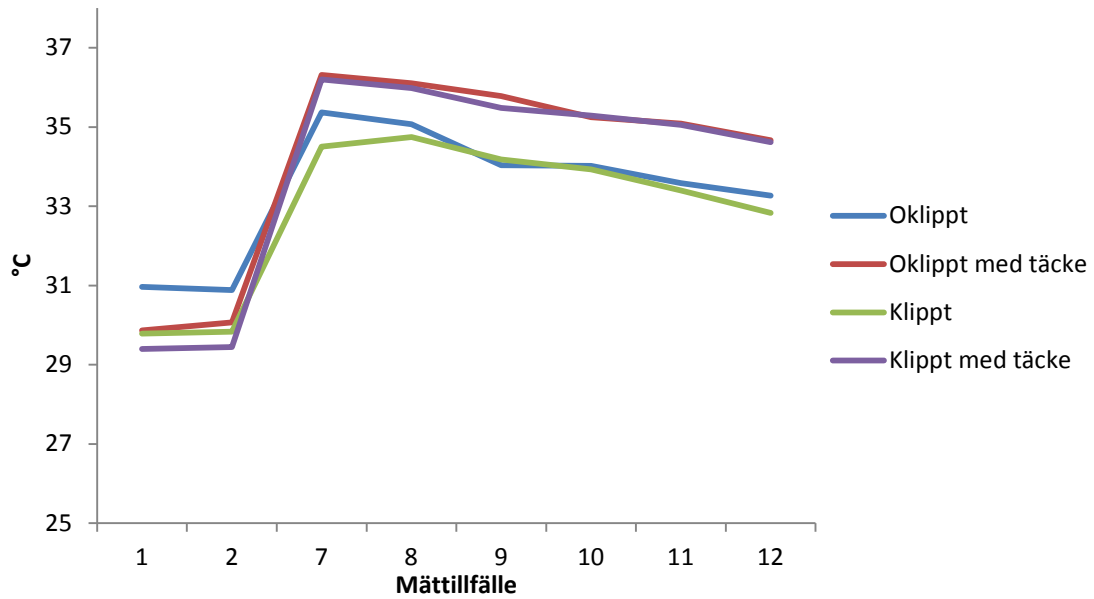
### **Temperaturer på korset**

Temperaturförändringarna var likartade på höger och vänster sida. Från ursprungsnivån vid mättillfälle 1 steg de signifikant för att peaka någon gång mellan mättillfälle 5 och 7. Sedan sjönk de successivt men hade inte hunnit återgå till ursprungsvärdena 60 minuter efter avslutat maxarbete. På bild 4 visas mätplatsen vid sidan om korset.

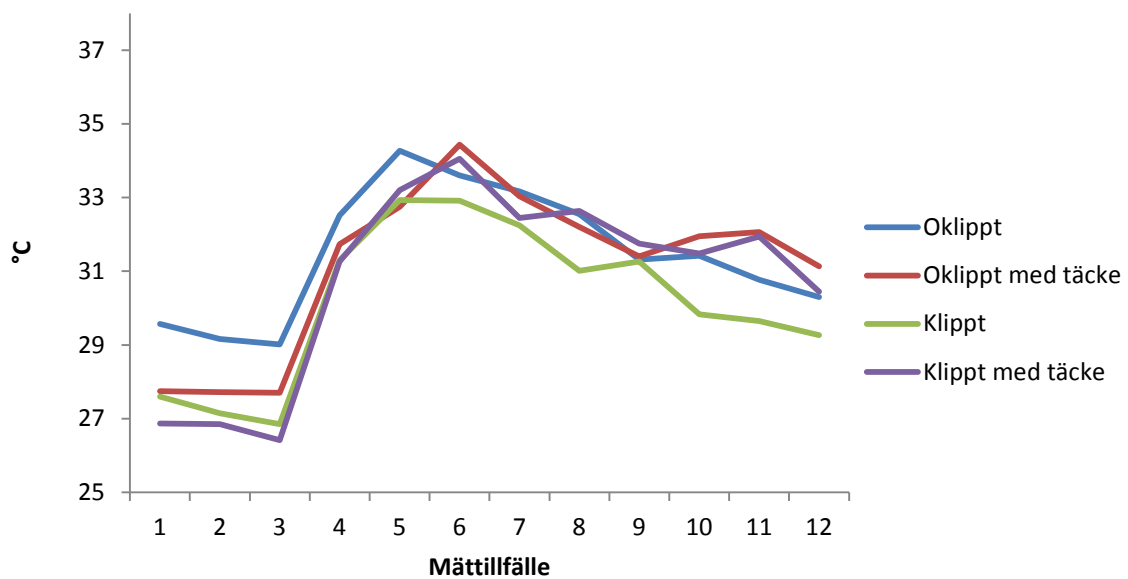


*Bild 4. Platsen för mätning vid sidan om korset. Foto: Elke Hartmann, 2013.*

Med den infraröda termometern uppmättes ingen signifikant skillnad på vänster kors vid något specifikt mättillfälle medan de med thermistor uppmätta värdena var högre hos hästar med täcke än hos de utan vid mättillfälle 7 ( $P=0.040$ ), 9 ( $P=0.0061$ ), 11 ( $P=0.0037$ ) och 12 ( $P=0.0031$ ) (se figur 15 och 16).

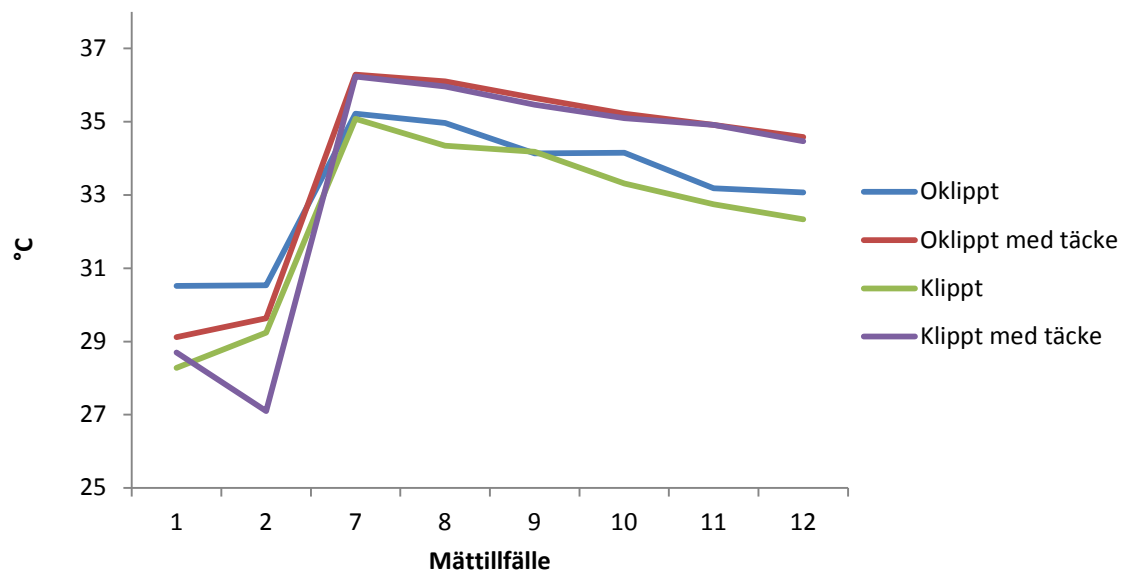


Figur 15. Temperatur vänster kors, mätmetod thermistor.

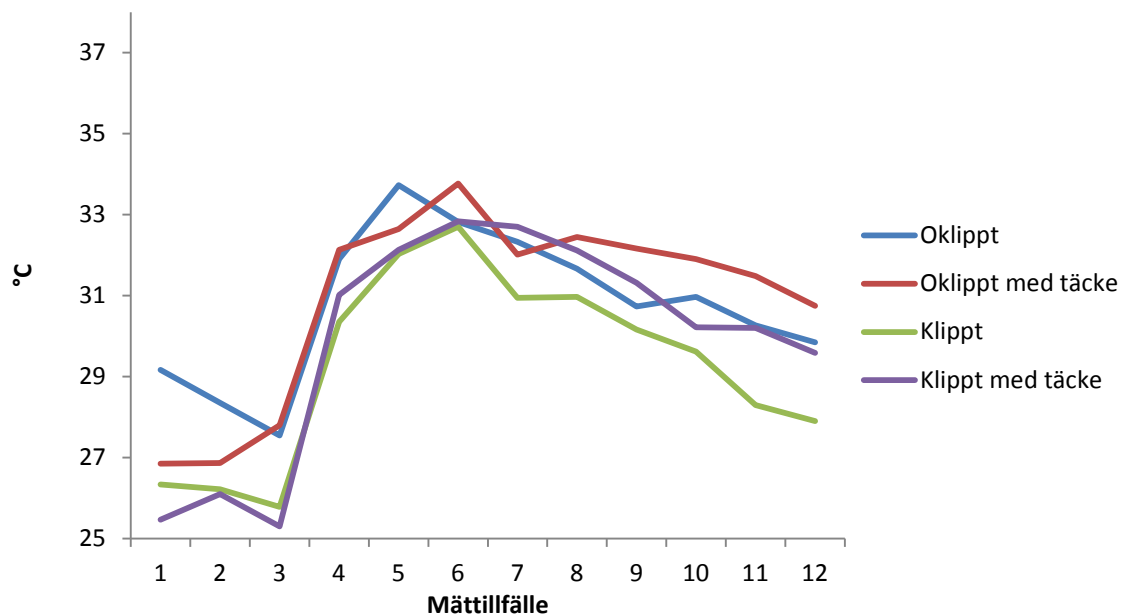


Figur 16. Temperatur vänster kors, mätmetod infraröd termometer.

Temperaturerna på höger kors var signifikant lägre på klippta hästar än på oklippta vid mättillfälle 1 och 3 med infraröd termometer ( $P=0.0372$  resp.  $P=0.0322$ , se figur 18) och vid mättillfälle 2 med thermistor ( $P=0.0011$ , se figur 17). Med thermistor uppmättes även signifikant högre temperaturer hos hästar försedda med täcken vid mättillfälle 11 ( $P=0.0066$ ) och 12 ( $P=0.0172$ ).



Figur 17. Temperatur höger kors, mätmetod thermistor.



Figur 18. Temperatur höger kors, mätmetod infraröd termometer.

Täckena vägdes innan och efter arbetspassen. Differenserna mellan innan och efter var  $0,158 \pm 0,037$  kg för de täcken som lades på oklippta hästar och  $0,169 \pm 0,051$  kg för de som lades på klippta. Skillnaderna var inte signifikanta.

## DISKUSSION

Hjärtfrekvens, hematokrit, pCO<sub>2</sub> och laktat uppvisade likartade värden oavsett behandling vilket indikerar att arbetspassets intensitet var densamma vid samtliga tillfällen.

Vad gäller hjärtfrekvens fanns endast vid mättillfälle 4 en signifikant skillnad, då klippta hästar hade högre hjärtfrekvenser än oklippta. I studien av Morgan *et al.* (2002) fanns ingen skillnad i hjärtfrekvens mellan klippta och oklippta hästar. Den skillnad som fanns vid mättillfälle 4 kan ha några olika förklaringar. Dels upptäcktes i efterhand att kvaliteten på pulskurvorna var något bättre de gånger hästarna varit klippta, vilket kan ha påverkat de avlästa värdena. Det är också möjligt att hästarna i vår studie kom på att det var roligt att få springa intervaller och blev mer och mer laddade för varje behandling. Ryttarna var duktiga på att reglera hastigheten och uppfattningen hos provtagningsteamet är att intensiteten var densamma, men här framträder en nackdel med att genomföra tester i ridhus jämfört med på rullmatta. Sannolikt ökade provtagningsteamets effektivitet ju längre studien fortskred. Mätning gjordes direkt efter att hästarna stannade och ju fler gånger vi genomförde mätningar desto duktigare blev vi, vilket innebär att avläsningen av pulskockan kanske skedde närmare maxpuls, vilket ger högre värden. Efter granskning av polarkurvorna i dator sågs också att maxpulserna under den sista intervallen var mycket lika oavsett om hästarna var klippta eller inte. Detta är i överensstämmelse med resultaten från Morgan *et al.* (2002).

Inte heller laktatnivåerna uppvisade några signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna. Morgan *et al.* (2002) hittade inte heller några skillnader i laktatnivåer mellan klippta och oklippta travhästar, och våra resultat överensstämmer alltså. På hundar har dock skillnader setts (Kozlowski *et al.*, 1985; Kruk *et al.*, 1985). Om skillnaderna mellan djurslagen är fysiologisk eller beror på studiernas utformning är svårt att säga. Såväl på humansidan som på hästsportsidan är man väl medveten om vikten av att få ut det bildade laktatet ur muskelcellerna för att uppnå så god återhämtning av muskulaturen som möjligt. Om termoregulatoriska aspekter påverkar laktatnivåerna hos hästar vore det därför viktigt att få reda på det.

Andningsfrekvensen var signifikant högre hos oklippta än hos klippta hästar vid mättillfälle 8 och 9. Wallsten *et al.* (2012) uppvisar liknande skillnader i andningsfrekvens mellan oklippta och klippta hästar som motionerades utomhus i vinterklimat. De konstaterar att hästarna verkade gynnas av klippningen eftersom de inte uppvisade lika hög andningsfrekvens och rektaltemperatur som de oklippta vilket tyder på att deras värmeavgivningssystem inte var lika utmanat som då de var oklippta. Detta är sannolikt fallet även i den här studien. Morgan *et al.* (2002) såg ingen skillnad i andningsfrekvens mellan klippta och oklippta travhästar som sprang på en rullmatta men de klippta behövde kortare tid efteråt för att återfå de värden som uppmättes i vila. De använde varmblodiga travhästar i sin studie medan islandshästar användes i denna. Islandshästar har naturligt en mycket kraftigare vinterpäls än travhästar och skillnaden mellan en klippt och en oklippt häst blir därmed antagligen större, vilket skulle kunna förklara att resultaten skiljer sig åt.

Trots att andningsfrekvensen uppvisade relativt stora skillnader mellan klippta och oklippta vid mättillfälle 8 och 9 avspeglade sig inte detta i syrabasparametrarna pH och pCO<sub>2</sub>. Under



arbetet bör pH-värdet i blodet påverkats av såväl den bildade mjölksyran (leder till sänkning av pH) som den utventilerade koldioxiden (leder till ökning av pH) och dessa två effekter bör ha motverkat varandra. Under arbete blev dock nettoeffekten att pH-nivåerna sjönk, och produktionen av mjölksyra påverkade således pH-nivåerna i högre grad än vad den höga andningsfrekvensen gjorde. Laktatnivåerna steg under arbete men sjönk snabbt då arbetet avslutats. Under återhämtningsfasen hade man kunnat tro att den höga andningsfrekvensen hos de oklippta hästarna skulle ge effekter på pH- och pCO<sub>2</sub>-nivåerna, som då borde ha stigit respektive sjunkit. Varför detta inte skedde är oklart men det är troligt att kroppen på andra sätt lyckades reglera syrabasbalansen, t.ex. genom att justera halterna av bikarbonat och plasmaproteiner. En annan möjlighet är att andningen var så ytlig att inget koldioxidutbyte skedde. Detta är vad som händer när hundar hässjar, men hästar har traditionellt inte setts som hässjande djur och detta är därför mindre troligt. Skillnaderna i andningsfrekvens var större vid mättillfälle 8 än 9, men vid mättillfälle 8 togs tyvärr inget blodprov. Jämförelsen mellan andningsfrekvens och syrabasparametrar kan således enbart göras vid mättillfälle 9, vilket är synd då chanserna att se ett eventuellt samband troligen hade varit större vid mättillfälle 8.

Hästarna i vår studie var bara halvklippta, och skillnaderna skulle antagligen varit ännu större om hästarna helklippts. Hodgson *et al.* (1993) har ju tidigare visat att 19-30% av den totala värmeavgivningen sker genom luftvägarna och att andelen är beroende av intensiteten på det genomförda arbetet. Det är inte osannolikt att denna siffra också varierar med pälsmängd och det hade varit intressant att göra en liknande studie där man varierar arbetsintensitet men med klippta och oklippta hästar.

För kalium, totalprotein och glukos fanns inga skillnader mellan behandlingar, vilket indikerar att dessa parametrar inte påverkas särskilt mycket av termofaktorer, i alla fall inte i de utomhustemperaturer som rådde under den här studiens genomförande. Nivåerna av kalium och totalprotein steg under arbetspasset, vilket var det förväntade. Blodglukosnivåerna sjönk under arbetspasset vilket är anmärkningsvärt då andra studier uppvisat det motsatta, såväl på människor som på hästar (Taylor *et al.*, 1995; Hargreaves *et al.*, 1996). Ökningen berodde i dessa studier på att levern frisatte mer glukos till blodet än vad som togs upp av musklerna. Att glukosnivåerna istället sjönk under träning i vår studie skulle kunna bero på flera saker. Sannolikt finns bakgrunden till detta i hästarnas utfodringsrutiner (vad och när de åt senast; personligt meddelande, Jansson). Det är också möjligt att islandshästarna hade mindre glykogen i sina muskler och därför blev mer beroende av att tillgodogöra sig plasmaglukos, och därför hade ett högre upptag, eller så frisatte levern av någon anledning inte lika höga glukosnivåer.

Rektaltemperaturen uppvisade inga signifikanta skillnader mellan behandlingar. Kruk *et al.* (1985) visade att hundar som aktivt kylades medan de tränade på löpband uppmätte lägre rektaltemperaturer än de som inte kylades och Hargreaves *et al.* visade 1999 att hästar som tränades i varma och fuktiga miljöer uppmätte högre rektaltemperaturer än de som tränades i svala och torra. Hodgson *et al.* (1993) lyckades dock inte uppvisa några skillnader i rektaltemperaturer mellan hästar som tränades i olika intensitet. Att vi inte kunde visa på några skillnader i rektaltemperatur mellan behandlingar indikerar att hästarna i den här studien klarade av att temperaturreglera trots sin tjocka päls/sitt täcke. Det är dock möjligt att

en större stickprovsstorlek hade behövts för att påvisa en eventuell effekt. Rektaltemperaturen uppvisade, liksom andningsfrekvensen, en fördröjning såtillvida att den var högst vid mättillfälle 6, efter två minuters nedskrittning i ridhuset. Detta överensstämmer med resultaten från flera tidigare studier (Hodgson *et al.*, 1993, Hargreaves *et al.*, 1999).

Temperaturerna på halsen var lägre på klippta hästar än på oklippta vid de första tre mättillfällena men därefter fanns inte några skillnader som var statistiskt signifikanta. Att klippta hästar har en lägre hudtemperatur är ju logiskt eftersom de saknar mycket av pälsens isolerande funktion. Inga skillnader fanns dock under arbete, vilket skiljer sig från studien av Morgan *et al.* (2002) då klippta hästar till och med uppvisade en högre hudtemperatur under arbete. Samtidigt är det ju så att magnituden på temperaturskillnaden driver värmeavgivningen, så systemet blir självkorrigerande. En häst med högre hudtemperatur (och därmed större differens mellan hudtemperatur och omgivningstemperatur) kommer att kyla ner sig snabbare än en häst med lägre hudtemperatur. Såväl träningsprogram som hästras är annorlunda mellan den här studien och Morgans, vilket gör att resultaten är svåra att jämföra.

Majoriteten av hästarna (4/6) hade manen på höger sida. Om man jämför medelvärdena mellan behandlingar så är de med termistor uppmätta värdena oftast högre på höger sida av halsen än på vänster, medan de infraröda mätvärdena oftare är högre på vänster sida (denna parameter är inte analyserad statistiskt och skulle sannolikt inte uppvisa någon statistisk signifikans, men det är ändå intressant att resonera kring). På korset syntes effekterna av täcket tydligt när termistor användes och signifikanta skillnader finns vid ett flertal mättillfällen. Den infraröda termometerens mätvärden uppvisar dock inga signifikanta effekter av täcket överhuvudtaget. Detta är intressant för ett täcke, och likaväl en tjock man, som ligger an mot huden bör helt klart höja temperaturen. Sannolikt beror denna skillnad mellan mätmetoder på just skillnaden mellan mätmetoder. Den infraröda termometern mäter temperaturen på värmeavgivningen medan termistorn mäter den faktiska hudtemperaturen. Man kan fundera kring om värmeavgivningen på korset var mer konstant oavsett behandling än vad den var på halsen. Detta skulle kunna ha att göra med att musklerna på korset/låret utför ett större aktivt arbete än musklerna på halsen och därmed bildar mer värme som måste forslas bort, oavsett om hästen är klippt, oklippt eller försedd med täcke. Dessutom finns fler svettkörtlar på halsen än på korset vilket möjliggör värmeavgivning genom avdunstning istället för genom strålning. Likväl skulle detta indikera att värmeavgivningen var större på den sida av halsen som manen inte befann sig på men att temperaturen var högre på mansidan.

Mätningarna av hudtemperatur gjordes på små, rakade områden på hals respektive kors. Det är möjligt att skillnaderna hade varit större om mätningarna hade utförts på orakade områden men samtidigt möjliggjorde rakningen bättre kontakt mellan huden och termistorn, vilken skulle varit svår att uppnå om hästarna haft full vinterpäls. Dessutom försäkrade denna metod att mätning utfördes på samma punkt varje gång.

Den här studien har fokuserat på återhämtningen efter träning. Det vore också intressant att på islandshästar göra standardiserade studier på rullmatta för att fokusera mer på effekter under själva träningsprogrammet och om en sämre termoreglering medför en nedsatt

prestation/uthållighet, vilket ju visats på hund (Kozlowski *et al.*, 1985). Islandshästar sätter ju en kraftigare vinterpäls än många andra hästraser, t.ex. varmlodiga travare som användes i studien av Morgan *et al.* (2002), och skulle därför kunna tänkas vara extra känsliga för detta. Risken finns då att många inte uppnår optimal effekt av sin träning vintertid.

### **Studiens begränsningar**

Den här studien omfattade enbart sex hästar vilket gör att små skillnader mellan behandlingar riskerar att missas. Ett större stickprov skulle varit önskvärt för att öka studiens styrka. Att genomföra studien på rullmatta med fastställda hastigheter för arbetet, samt att samma person/er genomfört samtliga mätningar på samtliga hästar hade också kunnat öka studiens inre validitet.

### **Konklusion**

Hjärtfrekvens, andningsfrekvens, hudtemperatur, rektaltemperatur, laktat, hematokrit, kalium och totalprotein steg samtliga för att sedan, under återhämtningsfasen, sjunka tillbaka med varierande hastighet. De parametrar som mätte kroppens temperaturreglering, t.ex. andningsfrekvens och rektaltemperatur, fortsatte att öka även efter att arbetsbelastningen nått sin maximala nivå, medan de arbetsrelaterade parametrarna, t.ex. hjärtfrekvens och laktat, snabbt vände nedåt då arbetsbelastningen minskade. pH, pCO<sub>2</sub> och glukos uppvisade sänkta nivåer under arbetet, vilket är i linje med tidigare studier för parametrarna pH och pCO<sub>2</sub> men något anmärkningsvärt vad gäller glukos. Överlag uppvisar dock islandshästarna i denna studie i hög grad samma fysiologiska svar på träning och återhämtning som tidigare setts på andra djurslag och raser. Klippning påverkar arbete och återhämtning hos islandshästar mer än vad täckning gör. Klippning har i den här studien setts sänka islandshästens andningsfrekvens under återhämtningsfasen efter arbete. Den höga andningsfrekvensen hos de oklippta hästarna sågs inte påverka syrabasbalansen på något ogynnsamt sätt, vilket är positivt. Klippning och täckning påverkar hästens hudtemperatur, vilken är den som driver hästens värmeavgivning. Det är därför viktigt att vara extra uppmärksam på sina klippta och/eller täckade hästar, för att snabbt kunna upptäcka om de är för varma eller kalla.

### **FÖRFATTARENS TACK**

Tack till alla som med sin hjälp medverkande till att studien kunde genomföras, som laboratorieassistenter, ryttare, provtagare med flera, både från Wången och SLU Uppsala. Tack till mina handledare Kristina Dahlborn och Elke Hartmann för all hjälp och allt stöd och till min examinator Katja Höglund för värdefull kritik.

## REFERENSER

- Adair, E.R. (1977). Skin, preoptic and core temperatures influence behavioral thermoregulation. *Journal of Applied Physiology* 42(4), 559-564.
- Aguilera-Tejero, E., Estepa, J.C., LÓpez, I., Bas, S., Mayer-Valor, R. & Rodríguez, M. (2000). Quantitative analysis of acid–base balance in show jumpers before and after exercise. *Research in Veterinary Science* 68(2), 103-108.
- Bailey, S.R., Eid, A.H., Mitra, S., Flavahan, S. & Flavahan, N.A. (2004). Rho kinase mediates cold-induced constriction of cutaneous arteries - Role of alpha 2C-adrenoceptor translocation. *Circulation Research* 94(10), 1367-1374.
- Campana, M.G., Stock, F., Barrett, E., Benecke, N., Barker, G.W.W., Seetah, K. & Bower, M.A. (2012). Genetic stability in the Icelandic horse breed. *Animal Genetics* 43(4), 447-449.
- Cannon, B. & Nedergaard, J. (2004). Brown adipose tissue: Function and physiological significance. *Physiological Reviews* 84(1), 277-359.
- Charkoudian, N. (2010). Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *Journal of Applied Physiology* 109(4), 1221-1228.
- Charkoudian, N., Eisenach, J.H., Atkinson, J.L.D., Fealey, R.D. & Joyner, M.J. (2002). Effects of chronic sympathectomy on locally mediated cutaneous vasodilation in humans. *Journal of Applied Physiology* 92(2), 685-690.
- Chen, X.M., Hosono, T., Yoda, T., Fukuda, U. & Kanosue, K. (1998). Efferent projection from the preoptic area for the control of non-shivering thermogenesis in rats. *Journal of Physiology-London* 512(3), 883-892.
- Corley, K.T.T., Donaldson, L.L. & Furr, M.O. (2005). Arterial lactate concentration, hospital survival, sepsis and SIRS in critically ill neonatal foals. *Equine Veterinary Journal* 37(1), 53-59.
- Courouge, A., Chatard, J.C. & Auvinet, B. (1997). Estimation of performance potential of Standardbred trotters from blood lactate concentrations measured in field conditions. *Equine Veterinary Journal* 29(5), 365-369.
- Cymbaluk, N.F. (1994). Thermoregulation of horses in cold, winter weather: A review. *Livestock Production Science* 40(1), 65-71.
- De Backer, D. (2003). Lactic acidosis. *Intensive Care Medicine* 29(5), 699-702.
- Donovan, C.M. & Brooks, G.A. (1983). Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *American Journal of Physiology* 244(1), E83-E92.
- Evans, A. (2008). *Iceland: The Bradt Travel Guide*. USA: The globe pequot press inc. ISBN 1-84162-215.
- Evans, S.E. & Ingram, D.L. (1974). Significance of deep body-temperature in regulating concentration of thyroxine in plasma of pig. *Journal of Physiology-London* 236(1), 159-170.
- Febbraio, M.A., Snow, R.J., Stathis, C.G., Hargreaves, M. & Carey, M.F. (1994). Effect of heat-stress on muscle energy-metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology* 77(6), 2827-2831.
- FEIF *Statistics about member countries: Registered horses*. [online] (September 15, 2013) Available from: <http://www.feif.org/FEIF/Factsandfigures/tabid/497/Default.aspx>. [Accessed 26 September].
- Freeman, W.J. & Davis, D.D. (1959). Effects on cats of conductive hypothalamic cooling. *American Journal of Physiology* 197(1), 145-148.

- Hammouda, M. (1933). The central and the reflex mechanism of panting. *The Journal of physiology* 77(4), 319-36.
- Hargreaves, B.J., Kronfeld, D.S. & Naylor, J.R.J. (1999). Ambient temperature and relative humidity influenced packed cell volume, total plasma protein and other variables in horses during an incremental submaximal field exercise test. *Equine Veterinary Journal* 31(4), 314-318.
- Hargreaves, M., Angus, D., Howlett, K., Conus, N.M. & Febbraio, M. (1996). Effect of heat stress on glucose kinetics during exercise. *Journal of Applied Physiology* 81(4), 1594-1597.
- Hellstrom, B. & Hammel, H.T. (1967). Some characteristics of temperature regulation in unanesthetized dog. *American Journal of Physiology* 213(2), 547-&.
- Henderson, I.S.F. (2013). Diagnostic and prognostic use of L-lactate measurement in equine practice. *Equine Veterinary Education* 25(9), 468-475.
- Hodges, G.J., Zhao, K., Kosiba, W.A. & Johnson, J.M. (2006). The involvement of nitric oxide in the cutaneous vasoconstrictor response to local cooling in humans. *Journal of Physiology-London* 574(3), 849-857.
- Hodgson, D.R., McCutcheon, L.J., Byrd, S.K., Brown, W.S., Bayly, W.M., Brengelmann, G.L. & Gollnick, P.D. (1993). Dissipation of metabolic heat in the horse during exercise. *Journal of Applied Physiology* 74(3), 1161-1170.
- Holloszy, J.O. & Kohrt, W.M. (1996). Regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Annual Review of Nutrition* 16, 121-138.
- Ingolfsdottir, H.B. & Sigurjonsdottir, H. (2008). The benefits of high rank in the wintertime - A study of the Icelandic horse. *Applied Animal Behaviour Science* 114(3-4), 485-491.
- Jacobson, F.H. & Squires, R.D. (1970). Thermoregulatory responses of cat to preoptic and environmental temperatures. *American Journal of Physiology* 218(6), 1575-1582.
- Jansson, A., Nyman, S., Morgan, K., Palmgren-Karlsson, C., Lindholm, A. & Dahlborn, K. (1995). The effect of ambient temperature and saline loading on changes in plasma and urine electrolytes (Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>) following exercise. *Equine Veterinary Journal* (SUP.20), 147-152.
- Jansson, A., Sandin, A., Lindberg, J.E. (2006). Digestive and metabolic effects of altering feeding frequency in athletic horses. *Equine and Comperative Exercise Physiology* 3(2), 83-91.
- Johnson, J.M. & Kellogg, D.L., Jr. (2010). Local thermal control of the human cutaneous circulation. *Journal of Applied Physiology* 109(4), 1229-1238.
- Kellogg, D.L., Liu, Y., Kosiba, I.F. & O'Donnell, D. (1999). Role of nitric oxide in the vascular effects of local warming of the skin in humans. *Journal of Applied Physiology* 86(4), 1185-1190.
- Kozlowski, S., Brzezinska, Z., Kruk, B., Kaciubauschilko, H., Greenleaf, J.E. & Nazar, K. (1985). Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance - temperature effect on muscle metabolism. *Journal of Applied Physiology* 59(3), 766-773.
- Kruk, B., Kaciubauschilko, H., Nazar, K., Greenleaf, J.E. & Kozlowski, S. (1985). Hypothalamic, rectal, and muscle temperatures in exercising dogs - effect of cooling. *Journal of Applied Physiology* 58(5), 1444-1448.
- Langlois, B. (1994). Inter-breed variation in the horse with regard to cold adaptation: a review. *Livestock Production Science* 40(1), 1-7.

- Lindner, A., Signorini, R., Brero, L., Arn, E., Mazzini, R. & Enriquez, A. (2012). Effect of Conditioning Horses Once, Twice, or Thrice a Week with High-Intensity Intermittent Exercise on v4. *Journal of Equine Veterinary Science* 32(3), 153-157.
- Maccormack, J.A.D. & Bruce, J.M. (1991). The horse in winter - shelter and feeding. *Farm Building Progress* (105), 10-13.
- Magerl, W. & Treede, R.D. (1996). Heat-evoked vasodilatation in human hairy skin: Axon reflexes due to low-level activity of nociceptive afferents. *Journal of Physiology-London* 497(3), 837-848.
- McBride, G.E., Christopherson, R.J. & Sauer, W. (1985). Metabolic-rate and plasma thyroid-hormone concentrations of mature horses in response to changes in ambient-temperature. *Canadian Journal of Animal Science* 65(2), 375-382.
- McConaghy, F.F., Hales, J.R.S., Rose, R.J. & Hodgson, D.R. (1995). Selective brain cooling in the horse during exercise and environmental heat stress. *Journal of Applied Physiology* 79(6), 1849-1854.
- McKeever, K.H., Hinchcliff, K.W., Reed, S.M. & Robertson, J.T. (1993). Role of decreased plasma-volume in hematocrit alterations during incremental treadmill exercise in horses. *American Journal of Physiology* 265(2), R404-R408.
- Mejdell, C.M. & Boe, K.E. (2005). Responses to climatic variables of horses housed outdoors under Nordic winter conditions. *Canadian Journal of Animal Science* 85(3), 301-308.
- Morgan, K., Ehrlemark, A. & Sallvik, K. (1997). Dissipation of heat from standing horses exposed to ambient temperatures between -3 degrees C and 37 degrees C. *Journal of Thermal Biology* 22(3), 177-186.
- Morgan, K., Funkquist, P. & Nyman, G. (2002). The effect of coat clipping on thermoregulation during intense exercise in trotters. *Equine veterinary journal. Supplement* (34), 564-7.
- Nakamura, K. (2011). Central circuitries for body temperature regulation and fever. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology* 301(5), R1207-R1228.
- Rose, A.J. & Richter, E.A. (2005). Skeletal muscle glucose uptake during exercise: How is it regulated? *Physiology* 20, 260-270.
- Rowell, L.B. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiological Reviews* 54(1), 75-159.
- Rowell, L.B., Brengelm, G.I., Murray, J.A., Kraning, K.K. & Kusumi, F. (1969). Human metabolic responses to hyperthermia during mild to maximal exercise. *Journal of Applied Physiology* 26(4), 395-402.
- Silverman, S.C. & Birks, E.K. (2002). Evaluation of the i-STAT hand-held chemical analyser during treadmill and endurance exercise. *Equine veterinary journal. Supplement* (34), 551-4.
- Sjaastad, Ö., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. I. edition. ed. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Svenska Islandshästsförbundet. *Islandshästen i Sverige*. [online] Available from: <http://www.icelandichorse.se/Islandsh%C3%A4sten/Islandsh%C3%A4stenI Sverige.aspx>. [Accessed 2013-11-15].
- Takeshima, N. & Tanaka, K. (1995). Prediction of endurance running performance for middle-aged and older runners. *British Journal of Sports Medicine* 29(1), 20-23.

Taylor, L.E., Ferrante, P.L., Kronfeld, D.S. & Meacham, T.N. (1995). Acid-base variables during incremental exercise in sprint-trained horses fed a high-fat diet. *Journal of Animal Science* 73(7), 2009-2018.

Trec Sverige. *Börja med TREC*. [online] Available from: [http://trecsverige.se/borja\\_med\\_trec.htm](http://trecsverige.se/borja_med_trec.htm). [Accessed 2013-11-15].

Wallsten, H., Olsson, K. & Dahlborn, K. (2012). Temperature regulation in horses during exercise and recovery in a cool environment. *Acta Veterinaria Scandinavica* 54, 6.

## **Muntliga källor**

Jansson, A. 2014-01-14, Uppsala

Stefansdóttir, G.J. 2013-11-06, Uppsala