



Vilopuls hos 2-åriga varmblodiga travhästar i träning

Resting heart rate in 2-year old Standardbreds in training



av

Johanna Berg Johansson

**Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet**

***Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences***

**Examensarbete 359
30 hp A2E-nivå**

***Degree project 359
30 credit A2E-level
Uppsala 2011***



Vilopuls hos 2-åriga varmblodiga travhästar i träning

Resting heart rate in 2-year old Standardbreds in training

av

Johanna Berg Johansson

Handledare/ Supervisor: Sara Ringmark, Inst. för HUV
Bitr. handledar/Ass. supervisor: Clarence Kwart, Inst. för AFB
Examinator/ Examiner: Anna Jansson, Inst. för HUV

Nyckelord/ Key words: Hästar, träning, pulsmätning, vilopuls, träningspuls, återhämtningspuls, laktat

**Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet**

**Examensarbete 359
30 hp A2E-nivå
Kurskod EX0552**

***Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences***

***Degree project 359
30 credit A2E-level
Course code EX0552
Uppsala 2011***

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	4
ABSTRACT	5
INLEDNING	6
LITTERATURSTUDIE	7
Kardiovaskulära systemet	7
<i>Blodet och blodkärlen</i>	7
<i>Hjärtat och retledningssystemet</i>	8
<i>Reglering av hjärtfrekvensen</i>	9
<i>Elektrokardiografi</i>	9
<i>Andra gradens atrioventrikulär block</i>	10
<i>Pulsmätning</i>	10
<i>Faktorer som påverkar hjärtfrekvensen</i>	10
Laktat	12
Tränings effekter på det kardiovaskulära systemet	12
<i>Hjärtats storlek</i>	13
<i>Hjärtfrekvens och laktatkoncentration</i>	13
<i>Överträning</i>	14
MATERIAL OCH METODER	15
Målsättning	15
Hästar och träning	15
Pulsmätning	15
<i>Vilopuls</i>	16
<i>Tränings- och återhämtningspuls</i>	16
Laktatkoncentration	16
Hjärtstorlek och kroppsvikt	16
Lufttemperatur	16
Statistiska Analyser	17
RESULTAT	18
Träning	18
<i>Tränings- och återhämtningspuls</i>	18
<i>Laktatkoncentration</i>	21
Vilopuls	22
Hjärtstorlek	23
Samband mellan parametrar	23
DISKUSSION	25
Lufttemperatur	25
Förändring av puls under vila och arbete	25
<i>Vilopuls</i>	25
<i>Konditionsförbättring</i>	26
<i>Träningsgrupper</i>	26
Samband mellan vilopuls och konditionsförbättring	27
Hjärtstorlek	28
SLUTSATS	28
TACK TILL	29
REFERENSER	30

SAMMANFATTNING

En användbar metod för att påvisa tränings effekter är att mäta hjärtfrekvensen. Hos människa ses en sänkt vilopuls som ett resultat av en konditionsförbättring. På häst finns det få studier om ett samband mellan en vilopulssänkning och konditionsförbättring. Genom evolutionen har hästen utvecklats till en extraordinär atlet, för att undkomma predatorer krävdes snabbhet och för att färdas långa distanser i sökandet efter vatten och föda krävdes uthållighet. Ett antal fysiologiska anpassningar kan förklara hästens atletiska kapacitet, dessa påverkas i vissa fall inte av träning som till exempel lungstorleken medan andra som blodvolymen visar på en träningsrespons. Hästen har ett stort hjärta och det utgör ungefär 0,9-1% av kroppsvikten. Vilopulsen varierar mellan 25-50 slag/min med ett genomsnitt på 35 slag/min och beror av storlek, ras, ålder och temperament på hästen. Förbättrad kondition medför en ökad förmåga att utföra en given nivå av träning, hjärtfrekvensen under arbetet sjunker och återhämtningen efter går snabbare. Vid träning är även mängden laktat i blodet ett användbart mått för att bedöma hästens kondition. Hos en frisk häst kan en sänkning i blodlaktatkoncentrationen ses efter en träningsperiod. Syftet med studien var att se om en konditionsförbättring leder till en sänkning av vilopulsen hos häst.

I studien som pågick under 31 veckor ingick 16 tvååriga varmblodiga travhästar, alla valacker. Med hjälp av digitala pulsmätare registrerades pulsen under vila och arbete samt efter arbete. Vid tre tillfällen efter arbete togs det även prov på hästarnas laktatkoncentration i blodet och vid ett tillfälle mättes även hästarnas hjärtstorlek. Medellufttemperaturen vid mättillfällena bestämdes utifrån data från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.

Resultaten i studien visade att hästarna förbättrade sin kondition under studiens gång genom att sänka sin återhämtningspuls jämfört med studiens start men en sänkning av vilopulsen uteblev. Vilopulsen visade sig dock vara positivt korrelerad med laktatkoncentrationen i blodet efter arbete och lufttemperaturen. Slutsatsen är att studien varken har kunnat påvisa eller förkasta ett samband mellan en konditionsförbättring och en sänkning i vilopuls.

ABSTRACT

A useful method to detect effects of training is to measure the heart rate. In humans, a decreased resting heart rate may be observed as a result of training. There are few studies on horses about a possible relationship between a lowered resting heart rate and a fitness improvement. The horse has evolved into an extraordinary athlete through the evolution, to escape predators it required speed and to travel long distances in the search of water and feed it needed stamina. A number of physiological adaptations may explain the athletic capacity of the horse, both those who may not be affected of training, such as the lung size, while others such as the blood volume shows a training response. The horse has a big heart and it represents about 0.9 to 1% of the body weight. The resting heart rate varies between 25-50 beats per minute with an average of 35 beats per minute and it depends on the size, breed, age and temperament of the horse. Improved fitness increase the ability to perform a given level of exercise, heart rate during work decreases and the recovery after exercise is faster. To measure the amount of lactate in the blood after exercise is also a useful method to evaluate fitness of the horse. In a healthy horse, a reduction in blood lactate can be seen after a period of exercise. The aim of this study was to investigate a possible correlation between a lowered resting heart rate and a fitness improvement.

The study included 16 two-year old Standardbred trotters, all geldings, and lasted 31 weeks. The heart rate at rest and during exercise was recorded with digital heart rate monitors. Also, lactate concentration in the blood after exercise was measured for three occasions and at one occasion were the heart size of the horses measured. The average air temperatures at the test occasions were calculated from data from the Swedish Meteorological and Hydrological Institute.

The result showed that the horses improved their fitness during the study by lowering their recovery heart rate post exercise but a decrease in the resting heart rate did not occur. However, the heart rate at rest was positively correlated with the lactate concentration in the blood after exercise and air temperature. The conclusion is that the study has not been able to detect or reject a connection between an improvement in fitness and a reduction in resting heart rate.

INLEDNING

Hästen har genom evolutionen utvecklats till en extraordinär atlet (Hinchcliff & Geor, 2008). För att undkomma predatorer i det öppna landskapet krävdes snabbhet och för att färdas långa distanser i sökandet efter vatten och föda krävdes uthållighet. Hästens atletiska kapacitet kan förklaras av ett antal fysiologiska anpassningar, som i vissa fall inte påverkas av träning till exempel lungstorlek medan andra som blodvolym visar på en träningsrespons. Hästen har en hög maximal aerob kapacitet, stora intramuskulära lager av energi (framförallt glykogen), hög andel mitokondrier i muskelcellerna, förmåga att öka syretransportkapaciteten av blodet genom kontraktion av mjälten och en effektiv värmereglering. Syretransporten, från luft till muskler, är anpassad för transport av stora volymer av syre vilket behövs för att upprätthålla den höga metaboliska hastigheten hos hårt arbetande hästar. Hästen har också ett väl anpassat system för blodtransport som ger en ökad förmåga att syresätta blodet i lungorna, hög syretransport kapacitet av blodet och hög förmåga att leverera syre till vävnaderna.

En sänkning av vilopulsen ses hos människa som ett resultat av uthållighetsträning (Wilmore *et al.*, 2008). Återhämtningen efter träning går även snabbare och ett träningspass kan dessutom utföras med en lägre hjärtfrekvens, mindre ansträngning, än tidigare. Sänkningen indikerar att hjärtat blivit starkare genom träning, det utför mindre arbete (lägre hjärtfrekvens och högre slagvolym) än vad ett otränat hjärta gör vid samma arbetsbelastning. Vid träning ökar hjärtats massa och volym, den största förändringen vid uthållighetsträning sker i den vänstra ventrikeln som utför det mesta av hjärtats arbete. Storleken på den vänstra ventrikelkammaren ökar vilket gör att slagvolymen ökar till följd av en ökad fyllning av kammaren.

För att studera förändringar i hästens kondition är pulsen ett användbart mått (Couroucé, 1999; Kobayashi *et al.*, 1999). Det finns få studier på häst där ett eventuellt samband mellan en vilopulssänkning och konditionsförbättring har studerats (Evans, 2000). Syftet med studien är att se om det finns något samband mellan en konditionsförbättring och vilopulssänkning hos 16 tvååriga varmblodiga travhästar samt se hur hjärtfrekvensen förändras med träning under 31 veckor.

LITTERATURSTUDIE

KARDIOVASKULÄRA SYSTEMET

Det kardiovaskulära systemet består av en muskelpump, hjärtat, och ett system med blodkärl (Evans, 1994). Systemets huvudsakliga funktion är transport av vatten, syre, koldioxid, näringsämnen, elektrolyter, hormoner och restprodukter runt i kroppen. Hästens kardiovaskulära system är väl utvecklat för en transport av syre från lungorna till kroppsvävnaden. I jämförelse med andra däggdjur har hästen en hög maximal syrekonsumtion i relation till kroppsvikten. Hästen har en specialiserad mjälte som vid stimuli av arbete eller rädsla kontraherar och tillsätter en extra stor volym röda blodkroppar till cirkulationen. Denna infusion av röda blodkroppar ökar syretransportkapaciteten av det artära blodet och möjliggör en ökad maximal syrekonsumtion vid arbete.

Som atlet är det en fördel att ha ett stort hjärta som pumpar en stor volym blod vid varje kontraktion (Clayton, 1991). Hästen har ett stort hjärta, hjärtats massa är ungefär 0,9-1% av hästens kroppsvikt (Kline & Foreman, 1991). Det finns skillnader i hjärtstorlek mellan olika typer av hästar, kapplöpningshästar (fullblod och varmblodiga travhästar) har signifikant större hjärtan än arbetshästar (kallblod). Hjärtcykeln kan delas in i två faser, diastole då ventriklarna slappnar av och fylls med blod samt systole då ventriklarna kontraherar (Sjaastad *et al.*, 2003). Slagvolymen är den mängd blod som hjärtat pumpar ut under varje systole (Clayton, 1991). För en häst på 450 kg är slagvolymen runt 900 ml under vila och vid arbete ökas den till runt 1200 ml, vilket motsvarar en ökning med 33 %. Hjärtminutvolymen är den mängd blod som hjärtat pumpar per minut och är beroende av hjärtfrekvensen och slagvolymen. Vid vila har en häst på 450 kg en hjärtminutvolym runt 30-45 liter/min och vid träning ökar den till runt 240 liter/min som ett resultat av en stor ökning i hjärtfrekvens och en mindre ökning av slagvolymen.

Hjärtfrekvensen uttrycks som antalet slag per minut. Hästen har en vilopuls på 25-50 slag/min (Jones, 1989; Clayton, 1991) med ett genomsnitt på 35 slag/min (Clayton, 1991). Vilopulsen varierar beroende av storlek, ras, ålder och temperament (Clayton, 1991). Att veta hästens normala vilopuls kan vara användbart då en ökning av vilopuls kan vara en indikation på sjukdom, smärta, upphetsning eller rädsla.

Hästens maxpuls är mellan 210 och 240 slag/min (Evans, 2000), vilket motsvarar ungefär en sjufaldig ökning av vilopulsen (Clayton, 1991). Varje häst har en individuell maxpuls som nås vid en särskild träningsintensitet. En häst som har en hög maxpuls är att föredra som atlet då den kan utföra en högre arbetsbelastning genom en högre hjärtminutvolym. Hos både människa och häst ses en åldersrelaterad sänkning av maxpulsen. Sänkningen påverkar hjärtminutvolymen och den maximala aeroba kapaciteten (Betros *et al.*, 2002).

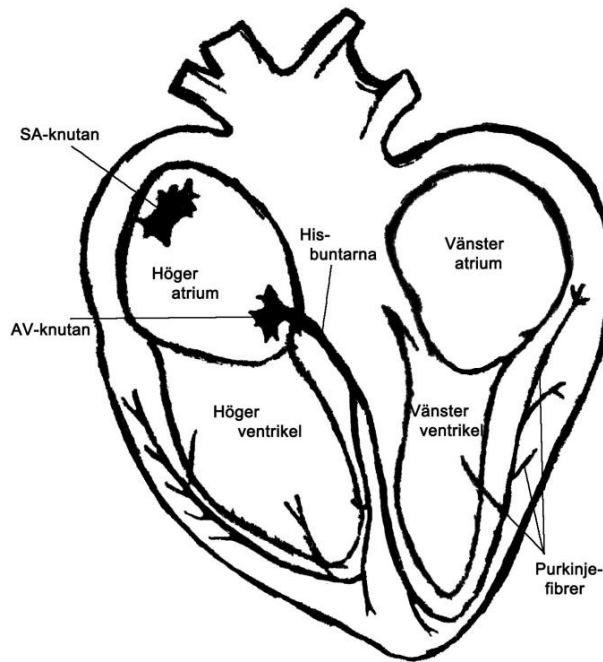
Blodet och blodkärlen

Blodets huvudfunktion är att transportera ämnen runt i kroppen (Sjaastad *et al.*, 2003). Blodet transporterar bland annat syre, koldioxid, energikällor och byggstenar som glukos, aminosyror och lipider men även restprodukter som urea och hormoner som reglerar olika processer. Blodet har även en viktig roll i temperaturregleringen då det också transporterar värme. Blodvolymen beror bland annat av kroppsstorlek, fysisk kondition och ålder. Blodet består av extracellulär vätska (plasma) och celler. Plasman består av omkring 92 % vatten, 7 % protein och 1 % andra substanser. Cellerna i blodet utgörs av röda blodkroppar (erythrocyter) som transporterar syre och koldioxid, vita blodkroppar (leukocyter) vilka har en viktig roll i immunförsvaret och blodplättar (trombocyter) som har viktig funktion i koaguleringsprocessen av blodet.

Artärer grenar sig från stora kroppspulsådern, aorta, och transporterar det syresatta blodet till organen (Sjaastad *et al.*, 2003). Artärerna grenar sig flera gånger och ökar i antal medan diametern gradvis minskar. Aorta och artärer har tjocka väggar med en stor andel elastisk vävnad. Arteriolerna är de minsta artärerna och består till stor del av glatt muskulatur vilken styrs av sympatiska nervfibrer. Ökad aktivitet i de sympatiska nervfibrerna leder till kontraktion i de glatta muskelcellerna, vasokonstriktion, vilket minskar diametern på kärlen och blodflödet minskar. Motsatsen till vasokonstriktion är vasodilation, då slappnar den glatta muskulaturen av och blodkärlet vidgas och mer blod kan flöda genom kärlen. Arteriolerna grenar sig till mindre kapillärer och genom kapillärväggen sker utbytet av näringsämnen, gaser och metaboliter mellan blodet och cellerna. Det syrefattiga blodet förs tillbaka till hjärtat via venolerna och venerna. Vid vila finns omkring två tredjedelar av blodet i venerna.

Hjärtat och retledningssystemet

Hjärtat (figur 1) är en muskel vars vänstra och högra halva är två separata enheter (Sjaastad *et al.*, 2003). Förmaken (atrium) fungerar som en reservoar för blod och överför blodet till kamrarna (ventriklarna), vilka sedan pumpar ut blodet från hjärtat. Den högra ventrikeln har tunnare vägg än den vänstra då mindre tryck skapas när blodet flödar in i det lilla kretsloppet (Jones, 1989). Den vänstra ventrikeln har tjocka muskelväggar och pumpar med ett högt tryck ut blodet i aorta. Hjärtat består av två typer av muskelceller, kontraktila och autorytmiska (Sjaastad *et al.*, 2003). Av dessa är 99 % kontraktila och en för att starta en kontraktion i dessa behövs en aktionspotential. De autorytmiska cellerna genererar aktionspotentialer spontant vilket gör att de depolariseras utan externt stimuli. Aktionspotentialer genereras i jämna intervall vilket gör att hjärtat slår regelbundet. Den spontana depolariseringen sker snabbast i sinoarterialknutan (SA-knutan) som fungerar som hjärtats pacemaker. När en aktionspotential bildas i SA-knutan sprider den sig genom hjärtat och framkallar en kontraktion. Impulsen som SA-knutan skapar fördröjs i atrioventrikulärknutan (AV-knutan) för att försäkra att förmakskontraktionen hunnit ske innan blodet i ventriklarna pumpas ut. Impulsen från AV-knutan leds till ventriklarna via nerver i His-buntarna som delar sig i två grenar av Purkinjefibrer från hjärtats spets och upp genom ventriklarnas väggar. Purkinjefibrerna skapar en nästan simultan kontraktion i hela ventrikelmuskeln.



Figur 1. Schematisk bild över hjärtat och dess retledningssystem (efter Evans, 1994).

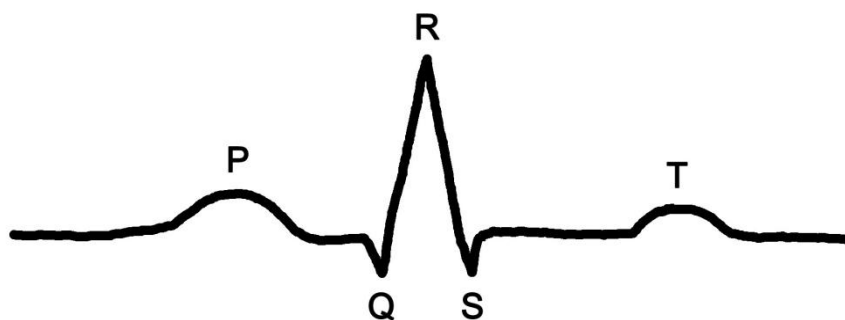
Reglering av hjärtfrekvensen

Hjärtfrekvensen påverkas av det autonoma nervsystemet och hormoner (Sjaastad *et al.*, 2003). Frekvensen av hjärtats kontraktioner motsvarar den medfödda hastigheten av impulserna som SA-knutan framkallar. Stimulering av sympatiska nerver till hjärtat och ökad utsöndring av adrenalin från binjuremärgen gör att SA-knutans tröskelvärde nås snabbare och hjärtfrekvensen ökar. Motsatt effekt fås genom en ökad parasympatisk stimulering av hjärtat via vagusnerven.

Hjärtfrekvensen regleras av balansen mellan det parasympatiska och sympatiska nervsystemet (Sjaastad *et al.*, 2003). Vid upphetsning eller rädsla aktiveras det sympatiska nervsystemet vilket resulterar i en ökad hjärtfrekvens. Ändring av hjärtfrekvens är oftast till följd av förändringar i både de parasympatiska och sympatiska nervfibrerna till hjärtat. Ökad hjärtfrekvens är vanligtvis ett resultat av minskad parasympatisk aktivitet tillsammans med ökad sympatisk aktivitet, medan en sänkt hjärtfrekvens orsakas av de motsatta förändringarna.

Elektrokardiografi

Ett elektrokardiogram är en återspeglning av den elektriska aktiviteten i hjärtat och mäts med elektrokardiografi (EKG) (Sjaastad *et al.*, 2003). Joner som strömmar genom cellmembranen vid depolarisering och repolarisering av hjärtmuskelcellerna bildar elektriska signaler som kan mätas och registreras med hjälp av elektroder på kroppen. Ett normalt EKG har tre delar (figur 2): P-vågen som representerar depolariseringen av förmaken, QRS-komplexen motsvarar ventriklarnas depolarisering och T-vågen som följer QRS-komplexet uppkommer vid ventriklarnas repolarisering (Sjaastad *et al.*, 2003; Menzies-Gow, 2001). EKGt analyseras med avseende på amplituden, formen och durationen av de olika vågorna och störningar i hjärtats rytm kan påvisas (Sjaastad *et al.*, 2003). Pulsen kan även beräknas med hjälp av ett EKG.



Figur 2. Normalt EKG (efter Sjaastad *et al.*, 2003).

Andra gradens atrioventrikulär block

Vid vila är hästens hjärtrytm ofta oregelbunden på grund av en hög vilopuls från vagusnerven (Clayton, 1991). Den vanligaste variationen i den normala rytmen är andra gradens atrioventrikulär block (AV-block), då ventriklarna misslyckas med att kontrahera och pulsen missar ett slag, detta sker ofta i regelbundna intervall. Vid AV-block blir den normala hjärtrytmen avbruten med en normal P-våg som inte följs av ett QRS komplex (Menzies-Gow, 2001) då förmakens depolarisering inte överförs till ventriklarna (Sjaastad *et al.*, 2003). Vid aktivering av det sympatiska nervsystemet till exempel i samband med träning försvinner arytmien, men återvänder under viloperioden efter träningen (Jones, 1989; Ryan *et al.*, 2005). I en studie av 21 dressyrhästar hade fyra av hästarna ett andra gradens AV-block, blocket försvann vid träning men återkom under återhämtningen då hjärtfrekvensen hade återgått till vilonivån (Barbesgaard *et al.*, 2010). Buhl *et al.* (2010) studerade arytmier hos 28 hopphästar och 8 av hästarna uppvisade ett andra gradens AV-block vid vila. Vid träning uppvisade 3 hästar ett andra gradens AV-block och 6 hästar under återhämtningen.

Pulsmätning

Pulsmätning vid träning används för att beskriva intensiteten på arbetet, mäta kondition och studera träningens effekt (Evans, 1994). Förutom att uttrycka pulsen som antalet slag per minut kan pulsen uttryckas som hastigheten hästen förflyttar sig med när hjärtat slår ett visst antal slag, till exempel motsvarar V_{200} hastighet vid pulsen 200 slag per minut (Evans, 2008). För att mäta pulsen vid till exempel träning kan EKG användas (Marsland, 1968; Thomas *et al.*, 1983). Idag finns det även pulsmätare med ett sändarbälte som är speciellt utvecklade för häst (Polar Electro 1, 2011). Sändarbältet spänns runt bröstkorget på hästen och består av en sändare samt två elektroder (Polar Electro 2, 2011). Elektroden känner av den elektriska signalen som varje hjärtslag genererar och från sändaren skickas sedan informationen till plusklockan. Harris *et al.* (2007) använde tre stycken olika pulsmätare i en fältstudie. För att utvärdera mätarnas validitet testades mätarna tillsammans med ett EKG på tre hästar som gjorde ett arbete på ett löpband och mätarna visade sig stämma bra överens. En ny teknik är att använda pulsmätare tillsammans med ett globalt positioneringssystem (GPS) för att registrera hastigheten samtidigt med pulsen, vilket är en användbar metod för arbetsprov i fält (Kingston *et al.*, 2006; Vermeulen & Evans, 2006).

Faktorer som påverkar hjärtfrekvensen

Hjärtfrekvensen vid träning påverkas av ålder och kön. En studie av Persson (1997) där 205 varmblodiga travhästar i träning utförde ett arbetstest på löpband visade att V_{200} ökade snabbt till en ålder av fem år för att sedan bestå oberoende av ålder. Även Leleu *et al.* (2005) visade på en korrelation mellan V_{200} och ålder. I studien ingick 223 franska travhästar i åldern tre till

åtta år och studien genomfördes som ett standardiserat test i fält. Hästarna började med 10 minuters uppvärmning för att sedan genomföra testet som utgjordes av tre stycken 3 minuters faser med 1 minuts vila mellan faserna, där tempot ökade för varje fas. Den sista fasen inducerade en laktatkoncentration i blodet på över 4 mmol/l. Studien visade att V_{200} ökade signifikant från tre till fyra års ålder. Mukai *et al.* (2003) visade i en studie att valacker/hingstars hjärtfrekvens vid träning är lägre än hjärtfrekvensen hos ston. Slutsatsen som drogs var att valacker/hingstars aeroba kapacitet troligtvis är högre vilket medför att pulsen blir lägre.

Hästens hälsostatus kan påverka hjärtfrekvensen. Hältor och sjukdomar har visat sig resultera i en höjd submaximal hjärtfrekvens vid träning (Couroucé, 1999). I en studie med 100 Franska travhästar hade 66 hästar en onormalt hög hjärtfrekvens under submaximal träning och 40 av dessa hade vid en klinisk undersökning en ortopedisk sjukdom (Couroucé *et al.*, 1996 cit. Couroucé, 1999). En onormalt hög hjärtfrekvens vid submaximal träning kan användas för att påvisa underliggande problem. Ett standardiserat arbetstest kan därför förutom att användas för att mäta träningseffekter också upptäcka träningsrelaterade problem eller sjukdomar.

Hästens aeroba kapacitet har visat sig vara relaterad till kroppssammansättningen då ett överskott av fett kan hämma prestationen (Leleu & Cotel, 2006). Utfodringens påverkan på arbets- och återhämtningspulsen vid ett standardiserat test studerades hos fyra fullblodsvalacker som utfodrades med olika nivåer av grovfoder (Ellis *et al.*, 2002). Kroppsvikten och arbetspulsen ökade vid ett högre grovfoderintag och det fanns signifikanta skillnader i arbetspuls mellan foderstaterna med 100% grovfoder respektive 50% grovfoder där foderstaten med 100% grovfoder gav högst puls. Den genomsnittliga återhämtningspulsen en minut efter det standardiserade testet var också signifikant högre för foderstaten med 100% grovfoder jämfört med 60% och 50% grovfoder i foderstaterna. Prestationseffekterna tros bero på den ökade kroppsvikten vid mer grovfoder i foderstaten. Vid en ökad kroppsvikt förbrukar musklerna mer energi för att dess rörelser ska kunna utföras, vilket i sin tur leder till en ökad hjärtfrekvens.

Kroppens temperaturreglering har en pulshöjande effekt. Transport av värme via blodet har en viktig roll i kroppens temperaturreglering (Sjaastad *et al.*, 2002). För att kunna behålla en stabil kroppstemperatur transporteras den producerade värmen med blodet till huden för att avges till omgivningen. Det avkylda blodet transporteras tillbaka från huden till kroppens kärna där det återigen absorberar värme. Vid en hög omgivningstemperatur höjs hjärtfrekvensen då mer blod måste transporteras till huden för att kunna hålla kroppstemperaturen stabil (Nilsson, 1998).

Geor *et al.* (1996) studerade hur värme och hög relativ fuktighet påverkade hästar i träning. Under fem dagar vistades 6 Engelska fullblod i en kall och torr miljö (20°C och 45-50% relativ luftfuktighet) följt av 22 dagar där de under en fyra timmars period utsattes för varm och fuktig miljö (33-35°C och 80-85% relativ luftfuktighet). Före studien hade hästarna under tio veckor tränats på löpband fem dagar per vecka där längden och intensiteten på träningen ökade gradvis. Under studien genomförde hästarna ett standardiserat submaximalt arbete på löpband i ett rum som höll respektive temperatur och relativ fuktighet. De standardiserade träningspassen ägde rum dag 1 i den kalla och torra miljön och var femte dag i den varma och fuktiga miljön. Hästarna tränades inget mellan de standardiserade passen. Hjärtfrekvensen en timme före träning var lika mellan de olika miljöerna. Första dagen i den varma och fuktiga miljön var hjärtfrekvensen signifikant högre under träningspasset och de första 30 minuterna efter träningen jämfört med den kalla och torra miljön. Efter tio dagar i varm och fuktig miljö

var pulsen signifikant lägre än för den första dagen i samma miljö. Hästarnas rektaltemperatur var dag fem i den varma och fuktiga miljön signifikant lägre än dag ett i samma miljö. Hästarna hade en högre andningsfrekvens i den varma och fuktiga miljön än i den kalla och torra. Andningsfrekvens en timme efter träningspasset ökade under perioden i den varma och fuktiga miljö, från 40 andetag/min dag 1 till över 60 andetag/min dag 15. Studien visade att hästarna anpassade sig fysiologiskt till den varma miljön då de minskade sitt värmelager före och under träningen, ökade sin förmåga att transportera bort värme genom att öka andningsfrekvensen, ökade konvektionsflödet av värme via cirkulationssystemet genom att sänka arbets- och återhämtningspulsen samt en ökad svettrespons.

LAKTAT

För att musklerna ska kunna arbeta kräver de energi i form av adenosintrifosfat (ATP) (Sjaastad *et al.*, 2003). ATP bildas i muskelcellen genom glykolys och oxidativ fosforylering. De viktigaste substraten för bildandet av ATP är glukos och fettsyror. Glukos från blodet eller från muskelns egna glykogenlager bryts ner via glykolysen till ATP och laktat under anaeroba förhållanden. Medan fettsyror som frigörs till blodet genom nedbrytning av kroppens fettlager bildar ATP via den oxidativa fosforylering. Till skillnad mot den oxidativa fosforyleringen kräver glykolysen inget syre för att bilda ATP och är därmed inte begränsad av cirkulationssystemets förmåga att transportera syre till musklerna. Glykolysens nackdel är en överproduktion av laktat vilket tillslut kommer leda till muskelutmattning (Pösö *et al.*, 2008). Laktat som producerats i muskelcellerna transporteras via blodet till levern där det omvandlas till glukos som sedan kan transporteras tillbaka till cellerna, bland annat till muskelcellerna, för att användas i bildandet ATP (Sjaastad *et al.*, 2003).

Vid träning är mängden laktat i blodet ett användbart mått för att bedöma hästens kondition (Evans, 2008). Mängden laktat uttrycks vanligtvis som V_{La4} eller V_4 , vilket motsvarar hastigheten där blodet innehåller 4 mmol laktat per liter. Laktat frigörs, i huvudsak från musklerna, till cirkulationen i samma hastighet som den förbrukas av andra vävnader (Pösö *et al.*, 2008). När andelen producerad laktat är högre än den mängd som musklerna kan göra sig av med uppstår mjölksyratröskeln, vilken uppnås vid omkring 4 mmol laktat per liter blod (Rivero & Piercy, 2008). Mjölksyratröskeln sägs representera den maximala arbetsintensiteten där ATP kan bildas under aeroba förhållanden (Pösö *et al.*, 2008). Rädsla, oro och förväntning kan öka mängden laktat då de stimulerar glykogenolys vilket gör att glykogen från levern och musklerna bryts ner till glukos (Evans, 2000).

TRÄNINGSEFFEKTER PÅ DET KARDIOVASKULÄRA SYSTEMET

Upprepande träning leder till ett flertal förändringar i kroppen på cell-, vävnads- och organnivå (Hinchcliff & Geor, 2008). Vid träning ökar proteinproduktionen, både vad gäller strukturella och funktionella proteiner. Ansamling av metaboliter och restprodukter tros medföra ökad transkription av DNA specifika proteiner och enzymer vilka ökar hastigheten som metaboliterna kan bearbetas och restprodukterna avlägsnas. För att framkalla en träningseffekt måste det vara en repetition av träningens stimuli, antalet repetitioner som behövs varierar med typ och intensitet av träningen.

Kondition kan beskrivas som den fysiska kapaciteten som kan utnyttjas vid en fysiologisk påfrestning (Evans, 2000). Konditionen beror på ärvda fysiologiska egenskaper och hur individen påverkas genom träning. Ökad kondition visas som en minskad hjärtfrekvens vid submaximal träning. Även återhämtningspulsen är ett mått på en träningseffekt. Barker &

Warren-Smith (2005) visade i en studie att den tidigare träningshistorian inte hade någon inverkan på hästens förmåga att återfå kondition. I studien ingick 6 hästar som var indelade i två grupper och de genomförde intervallträning under 14 veckor. Den ena gruppen hade 12 månader innan genomgått ett liknande träningsprogram. Ett standardiserat test där hjärtfrekvens och laktatkoncentrationen i blodet mättes genomfördes under vecka 3 och 7 för att jämföra resultaten från de två grupperna. För de två olika grupperna fanns det inga signifikanta skillnader mellan parametrarna som mättes.

Hästens kardiovaskulära system visar en ansenlig respons till träning och förändringarna sker relativt snabbt jämfört med rörelseapparatens anpassning (Clayton, 1991). Allteftersom hästen blir mer tränad sjunker hjärtfrekvensen och hjärtminutvolymen vid en given nivå av belastning, medan ingen förändring sker vad gäller maxpulsen (Evans, 2000; Clayton, 1991). Sänkningen av hjärtfrekvensen under uthållighetsträning kan vara ett värde för att uppskatta den fysiska konditionen (Marsland, 1968). En högre puls under ett submaximalt arbete kan vara en indikation på hälsoproblem eller förlorad kondition på grund av för lite träning, ingen träning eller olämplig träning (Evans, 2007). Efter avslutat träningspass sker den största sänkningen i hjärtfrekvens de första minuterna, vilket är ett användbart mått på hästens kondition (Snow, 1987). Förutom en sänkt hjärtfrekvens efter en träningsperiod ses en sänkning i blodlaktatkoncentrationen hos en frisk häst (Courouché, 1999).

Hjärtats storlek

Buhl *et al.* (2005) studerade om det fanns ett samband mellan hjärtats dimensioner och prestation. I studien ingick 103 varmblodiga travhästar och mätningar av hjärtat skedde vid fyra tillfällen. Studien pågick under ett och ett halvt år och hästarna var mellan 20 och 25 månader gamla vid det första undersökningstillfället. En signifikant förstoring av den vänstra ventrikeln i hjärtat kunde ses under studieperioden. Det fanns även ett signifikant samband mellan storleken på vänstra ventrikeln och hästens prestation. Resultatet antyder att ålder måste tas med i beräkningarna vid tolkning av ultraljudskardiografi då signifikant förstoring av hjärtat sker med både ålder och träning. Studien visade på att en signifikant förstoring av hjärtat hos varmblodiga travhästar sker vid en ålder mellan 2 och 3,5 år. Även studier på engelska fullblod visar liknande resultat på en förstoring av hjärtat vid träning (Young *et al.*, 2005; Young, 1999). Vila efter en träningsperiod resulterar i en minskning av hjärtats storlek men hjärtats kapacitet upprätthålls under de fyra första viloveckorna (Kriz *et al.*, 2000).

Hjärtfrekvens och laktatkoncentration

I en studie av Krumrych (2006) studerades 33 kliniskt friska hopphästar av olika raser, kön och ålder. Under två månader mättes bland annat puls före arbete (i stallet före sadling), inom 3-5 minuter efter det sista hindret och efter 30 minuters vila. Hästarna delades in i två åldersgrupper, 4-5 år och 6-8 år. Studien visade på att vid submaximalt arbete ökade pulsen linjärt med andningsfrekvensen. Före arbete hade de yngre hästarna avsevärt högre puls, men ingen signifikant skillnad fanns för pulsen 3-5 minuter efter träning och efter 30 minuters vila. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan ston och hingstar. Medelpulsen var för samtliga hästar innan träning var 39 slag/min, 3-5 minuter efter träning 72 slag/min och efter 30 minuters vila 34 slag/min.

Marsland (1968) studerade hjärtfrekvensen vid vila, under submaximalt arbete och 25 min efter submaximalt arbete hos 22 aktivt tävlande trav- och passhästar¹. För att studera hur hjärtfrekvensen påverkades av en period av hård fysisk träning deltog även två otränade hästar

¹ Passgång förekommer som en tävlingsgren inom travsporten i vissa länder, pass är en tvåtaktig gångart där samma sidas ben förflyttas samtidigt.

i studien. Resultatet av uthållighetsträningen på de två otränade hästarna visade på en minskning i vilopuls, en minskning av återhämtningspuls samt en minskning av hjärtfrekvensen under den submaximala träningen. Vad gäller minskningen av vilopulsen hade den ena ostartade hästen en vilopuls på 42 slag/min träningsdag 8 och 31 slag/min träningsdag 90. Den andra hästen hade under första träningsdagen en vilopuls på 44 slag/min och sedan dag 65 var vilopulsen 27 slag/min. Hos de 22 aktivt tävlande hästarna fanns en stark signifikant korrelation mellan puls under submaximalt arbete och tävlingsprestation. Hästarna med lägre puls under submaximalt arbete hade snabbare vinnartider, vilket även gällde hästarna med lägre återhämtningspuls efter submaximalt arbete.

I en studie av Thomas *et al.* (1983) utvärderades effekten av 5- och 10 veckors träning på hästens kardiovaskulära funktion. I studien ingick fyra Morganhästar och ett engelskt fullblod i åldern 6-8 år. Testet utfördes på löpband med fem olika grader av belastning. Vid de tre högsta belastningarna var hjärtfrekvensen 10-20 slag lägre efter både 5 och 10 veckors träning jämfört med studiens start, vilket indikerar en central träningseffekt. Vilopulsen minskade något efter 5 och 10 veckors träning, dock var skillnaden inte signifikant.

Kinnunen *et al.* (2006) följde 6 varmblodiga travhästar under en träningsperiod på ett år. Alla hästarna hade tidigare varit i regelbunden träning under två eller tre år. Under träningsperioden fanns det ingen signifikant skillnad i vilopulsen hos hästarna.

Hos 7 engelska fullblod studerades bland annat laktatkoncentrationen i blodet och hjärtfrekvensen under en stegvis ökande arbetsintensitet på löpband (Butler *et al.*, 1993). Vid vila var den genomsnittliga pulsen 34 slag/min och pulsen ökade signifikant från vilovärdet redan vid skritt. Vid den högsta intensitet, 12 m/s, hade pulsen ökat till 6 gånger vilovärdet. Efter 30 minuters återhämtning var pulsen två gånger högre än vilovärdet. Vid vila var laktatkoncentrationen 0,5 mmol/l blod och ökade till 28 gånger vilovärdet vid den högsta intensiteten. Efter 30 min återhämtning var laktatkoncentrationen fortfarande signifikant högre än vilovärdet.

Överträning

Överträning definieras som minskad prestationsförmåga och är en obalans mellan träning och återhämtning, träning och träningskapacitet eller stress och stresstolerans (Hinchcliff & Geor, 2008). De fysiologiska mekanismerna bakom överträning är oklara. Förutom förbrukning av energilager och skador på muskelcellerna innefattas troligen en endokrin obalans. Hos varmblodiga travhästar har det visat sig att långvarig träning kan orsaka en överdriven ökning av andelen röda blodkroppar, så kallad polycytemi, vilket har visat sig leda till minskad prestationsförmåga (Persson & Österberg, 1999). Polycytemi har använts till att diagnosticera överträning, men en i studie av Golland *et al.* (2003) drogs slutsatsen att polycytemi inte var mekanismen bakom den minskade prestationsförmågan som uppstår vid överträning.

En studie av Hamlin *et al.* (2002) visade att överträning inte påverkade max- och återhämtningspuls, dock minskade V_{200} . Bruin *et al.* (1994) studerade tecken på tidig överträning hos sju varmblodiga travhästar genom att mäta ett antal parametrar, bland annat; muskelglykogen, muskellaktat, plasmavolym och röda blodkroppar. Träningsintensiteten ökade var fjärde vecka till dag 187 för att sedan öka varannan vecka. Alla hästarna kunde fullfölja träningspassen till och med dag 261 och dag 269 misslyckades samtliga hästarna med att fullfölja träningspasset. Förutom att inte kunna fullfölja träningspasset visade hästarna på lathet, öka irritation, minskat foderintag samt minskad kroppsvikt. Slutsatsen som drogs av studien var att ingen parameter kunde ensam vara ett tecken på överträning.

MATERIAL OCH METODER

MÅLSÄTTNING

Syftet med studien var att undersöka om det fanns något samband mellan en konditionsförbättring och vilopulssänkning hos häst samt att se hur hjärtfrekvensen förändras med träning.

HÄSTAR OCH TRÄNING

Studien genomfördes på Travskolan Wången och pågick under 31 veckor (18 januari – 28 augusti, 2011). I studien ingick 16 tvååriga varmblodiga travhästar, alla valacker. Hästarna stod i samma stall i enskilda boxar med råspån som strömedel. De utfodrades med fri tillgång på hösilage (62% ts, 11,0 MJ OE/kg ts, 98 g smb rp/kg ts) samt pelleterad lusern (95% lusern, 5% melass) (250 g/dag), betfor (100 g/dag), mineralfoder² (150 g/dag) och salt (15 g/dag samt fri tillgång till saltsten). I stallet hade de fri tillgång på vatten i hinkar och i hagen fanns vatten i ett tempererat kar. Under månaderna januari till och med juli vistades hästarna utomhus tillsammans i en hage ca 8 timmar per dag för att sedan under 6 veckor i juli och augusti vistas utomhus hela dygnet. I juli byttes hösilaget ut mot betesgräs men i övrigt var foderstaten lika.

Före studiens början hade samtliga hästar genomgått inkörning och en grundträning under 5 månader. Under grundträningen kördes hästarna på en 1000 meter lång rundbana 4-5 dagar i veckan under de två första månaderna för att sedan varva rundbaneträning med träning i kuperad terräng och kördes då 4 dagar per vecka. I mars 2011 delades hästarna in i två balanserade grupper med hänsyn till bland annat uppfödare, genetiskt bakgrund och muskelsammansättning. Under mars till juni utförde grupp 1 två 1600 meters heat medan grupp 2 utförde två 1100 meters heat två gånger per vecka, totalt 7,8 km/träningspass (inkl. värmning och trav mellan heaten) för respektive grupp. Utöver heaten kördes motion (5 - 8 km) en dag per vecka. Under juli och augusti fortsatte hästarna att gå heat och i augusti påbörjades även intervallträning där grupp 1 gick fyra 500 meters intervaller (totalt 9 km inkl. värmning och trav mellan intervallerna) medan grupp 2 utförde tre 500 meters intervaller (totalt 8 km inkl. värmning och trav mellan intervallerna) en gång per vecka. Målet med träningen under hästarnas tvårssäsong var att de skulle kunna utföra ett premielopp med godkänt resultat.

PULSMÄTNING

Hästarnas puls mättes med hjälp av pulsklockor med tillhörande sändarbälte (Polar CS600X Polar Equine WearLink® W.I.N.D.), vilka registrerade pulsen med ett intervall på en sekund. Puls kurvorna analyserades med hjälp av datorprogrammet Polar ProTrainer 5 Equine Edition (Polar Electro, Finland). Sändarbältet placerades runt hästens bröstorg med de två elektroderna på hästens vänstra sida, den ena nedanför manken och den andra strax bakom armbågen. För att få god kontakt mellan sändarbältets elektroder och huden klipptes pälsen på hästarna vid elektroderna samt användes en kontaktgel (treVet Gel, e-Vet, Danmark). Vid mätning av flera hästar i närheten av varandra finns risk att pulsmätarna registrerar fel hästs sändare, detta har undvikits genom att mätaren har varit synkroniserad med sändaren. För att kontrollera synkroniseringen har mätningen startats för att sedan avbrytas under en kort tid

² Krafft Miner Vit (Ca 55 g, P 65 g, Mg 60 g, Se 15 mg)

genom att sändningen från sändaren avbrutits och då har mätaren kontrollerats så att den inte mäter någon puls.

Vilopuls

Under mätperioderna stod hästarna på stall dygnet runt med undantag för träning alternativt 1 timmes skritt i skrittmaskin. Vilopulsen mättes under två till tre nätter i januari (18-20 januari och 9 februari), maj (8-11 maj), juni (29-30 juni) och augusti (25-28 augusti). Pulsmätarna sattes på i samband med dagens sista utfodring, ca kl 21, och togs av på morgonen innan nästa utfodring, ca kl 6. För varje häst analyserades pulskurvan från en natt vid respektive mättillfälle med hjälp av Polar ProTrainer 5 Equine Edition genom att 6 punkter utsågs under en längre sammanhängande period (minst 30 minuter) där pulsen var låg och där inga större störningar på kurvorna fanns. Medelvärde för de 6 punkterna beräknades för att få ut den genomsnittliga vilopulsen.

Tränings- och återhämtningspuls

Inom en tidsperiod om två veckor efter nattpulsmätningarna utfördes ett standardiserat arbetstest, fem varv (5 km) i ett tempo på 5,6 m/s. Hästarnas arbetspuls och högsta puls bestämdes genom att analysera pulskurvorna från de standardiserade arbetstesten. Arbetspulsen (medel) samt högsta pulsen bestämdes under det tredje varvet av det standardiserade testet även hästarnas högsta puls under hela träningspasset bestämdes. Hästarnas återhämtningspuls avlästes 3 minuter efter avslutat standardiserat arbetstest. I juni utfördes det inget standardiserat arbetstest och därmed finns det inga träningsrelaterade pulser för detta mättillfälle.

LAKTATKONCENTRATION

Hästarnas laktatkoncentration i blodet mättes efter ett heattest (1600 m, 9,9 - 11,2 m/s) i maj, juni och augusti. Blodprover från hästarnas halsven, vena jugularis, samlades i litium heparin rör direkt efter ett heattest ute på banan och analyserades med hjälp av lactate vet pro från Arkray Europe B. V., Holland. För att bestämma laktatkoncentrationen per tränings-tempo dividerades laktatkoncentrationen med hästarnas minuttempo de hade under arbetstestet, tempot hämtades från hästarnas pulsmätare.

HJÄRTSTORLEK OCH KROPPSVIKT

I januari registrerades ett ekokardiogram för varje häst med hjälp av ett ultraljud (Vivid 3, GE) med en 1,7-3 mHz sond. Hjärtats vänstra ventrikel diameter mättes enligt Patteson (1996). I samband med ultraljudsundersökningen av hjärtat vägdes hästarna och kroppsvikten registrerades med en noggrannhet av 0,5 kilo.

LUFTTEMPERATUR

Dygnet medeltemperatur vid de aktuella vilopulsmätningarna beräknades utifrån temperaturdata från Sveriges meteorologiska och hydrologiska instituts (SMHI) väderstation på Frösön (ca 5 mil från Wången).

STATISTISKA ANALYSER

Vilopulsen, arbetspulsen, högsta pulsen under den tredje kilometern, totala högsta pulsen, återhämtningspulsen, hjärtstorleken, hjärtstorleken/kg, kroppsvikten, laktatkoncentrationen, laktatkoncentrationen/tempo och lufttemperaturen analyserades med variansanalys (PROC GLM) i SAS (vers. 9.2). Signifikansnivån sattes till $P < 0,05$ och när signifikant F-värde påvisades utfördes parvisa jämförelser mellan least square means (LSM) enligt Tukeys t-test.

Modellen som användes var: $y_{ijkl} = \mu + a_i + b_{ij} + g_{ijk} + e_{ijkl}$

y_{ijkl} = observerat värde

μ = parameterns medelvärde

a_i = effekt av djur

b_{ij} = effekt av grupp

g_{ijk} = effekt av period

e_{ijkl} = residualeffekt

För att se om det fanns någon korrelation mellan de olika parametrarna analyserades de även med PROC CORR (Pearsons korrelationskoefficient) i SAS (vers. 9.2). Signifikansnivån sattes till $P < 0,05$ och en tendens till samband kunde ses om $P < 0,1$.

RESULTAT

Totalt har 16 hästar deltagit i studien. För vilopulsmätningen finns det data på samtliga hästar förutom under mätperioden i juni då en häst saknar ett mätvärde på grund av sjukdom och kunde därmed inte delta vid mätningarna. För de standardiserade arbetstesten saknas mätresultat på 1 häst i januari, 6 hästar i maj och 8 hästar i augusti på grund av att de inte kunnat delta vid testen. Laktatkoncentrationen mättes i maj, juni och augusti och även där saknas det värden på 8 hästar i maj, 1 häst i juni och 5 hästar i augusti på grund av att de inte kunnat delta vid mättillfällena.

Vid mättillfällena var medellufttemperaturen enligt SMHIs väderstation på Frösön $-7,2^{\circ}\text{C}$ i januari, $14,0^{\circ}\text{C}$ i maj, $17,0^{\circ}\text{C}$ i juni samt $15,2^{\circ}\text{C}$ i augusti.

TRÄNING

Tränings- och återhämtningspuls

Hästarnas arbetspuls (medelpulsen under den tredje kilometern) för samtliga mätningar låg mellan 121 slag/min och 160 slag/min med ett medel på 140 ± 10 slag/min (tabell 1). Arbetspulsens var signifikant lägre i maj jämfört med januari. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan januari och augusti samt maj och augusti. Mellan de två grupperna var det ingen signifikant skillnad. Hästarnas återhämtningspuls 3 min efter avslutat arbetstestet låg mellan 57 slag/min och 90 slag/min med ett medel på 73 ± 7 slag/min (tabell 1). Återhämtningspulsens var signifikant högre i januari jämfört med maj och augusti, men det var ingen skillnad mellan maj och augusti. Mellan träningsgrupperna var det signifikant skillnad där grupp 1 hade lägre återhämtningspuls än grupp 2 sett över hela studieperioden. Däremot fanns det ingen signifikant skillnad mellan grupperna vid respektive mättillfälle.

Tabell 1. Individuell och genomsnittlig arbetspuls (hjärtslag/min) under den tredje kilometern i det standardiserade arbetstestet samt återhämtningspuls (hjärtslag/min) 3 min efter avslutat arbetstest

	Arbetspuls			Återhämtningspuls		
	Januari	Maj	Augusti	Januari	Maj	Augusti
Grupp 1						
Häst 1	126	-	-	66	-	-
Häst 2	-	-	-	-	-	-
Häst 3	160	144	147	83	65	69
Häst 4	154	146	-	77	73	-
Häst 5	139	136	145	74	68	67
Häst 6	129	121	139	76	66	73
Häst 7	149	137	-	79	75	-
Häst 8	130	125	123	73	62	57
Grupp 2						
Häst 9	151	-	148	75	-	77
Häst 10	160	142	142	90	80	75
Häst 11	137	122	-	76	64	-
Häst 12	137	-	132	71	-	64
Häst 13	149	150	136	74	77	73
Häst 14	148	-	-	84	-	-
Häst 15	139	135	-	81	75	-
Häst 16	142	-	-	78	-	-
Medel						
Grupp 1*	141 ± 13	135 ± 10	139 ± 11	75 ± 5	68 ± 5	67 ± 7
Grupp 2	145 ± 8	137 ± 12	140 ± 7	79 ± 6	74 ± 7	72 ± 6
Totalt	143 ^a ± 11	136 ^b ± 10	139 ^{a, b} ± 8	77 ^x ± 6	71 ^y ± 6	69 ^y ± 7

^{a, b, c} olika bokstäver anger signifikant skillnad mellan arbetspulsen vid signifikansnivå $P < 0,05$.

^{x, y} olika bokstäver anger signifikant skillnad mellan återhämtningspulsen vid signifikansnivå $P < 0,05$.

* Signifikant lägre återhämtningspuls men ingen skillnad i arbetspuls.

Högsta pulsen under den tredje kilometern av arbetstestet (högsta v3) varierade mellan 130 slag/min och 170 slag/min med ett medel på 149 ± 11 slag/min. Högsta pulsen under den tredje kilometern var högre i januari jämfört med maj och augusti (tabell 2). Det var ingen signifikant skillnad mellan maj och augusti. Mellan grupperna fanns det ingen signifikant skillnad. Högsta pulsen under hela arbetstestet (högsta totalt) var signifikant högre i januari jämfört med maj (tabell 2). Mellan januari och augusti samt maj och augusti var det ingen signifikant skillnad. Grupp 1 hade signifikant lägre högsta puls än grupp 2 totalt sett över hela studieperioden. Högsta pulsen varierade mellan 130 slag/min och 190 slag/min med ett medelvärde på 157 ± 14 slag/min.

Tabell 2. Hästarnas högsta puls under den tredje kilometern (högsta v3) samt totalt för hela arbetstestet (högsta totalt)

	Högsta v3			Högsta totalt		
	Januari	Maj	Augusti	Januari	Maj	Augusti
Grupp 1						
Häst 1	138	-	-	153	-	-
Häst 2	-	-	-	-	-	-
Häst 3	170	153	159	170	157	159
Häst 4	162	158	-	162	158	-
Häst 5	150	146	151	158	147	154
Häst 6	140	131	144	143	131	157
Häst 7	159	143	-	165	152	-
Häst 8	139	134	130	142	136	130
Grupp 2						
Häst 9	167	-	157	189	-	190
Häst 10	170	153	144	175	160	153
Häst 11	152	131	-	171	140	-
Häst 12	147	-	142	157	-	142
Häst 13	160	157	142	161	168	146
Häst 14	158	-	-	164	-	-
Häst 15	148	145	-	171	156	-
Häst 16	150	-	-	165	-	-
Medel						
Grupp 1	151 ± 13	144 ± 10	146 ± 12	156 ± 11	147 ± 11	150 ± 13
Grupp 2	157 ± 9	147 ± 11	146 ± 7	169 ± 10	156 ± 12	158 ± 22
Totalt	154 ^a ± 11	145 ^b ± 10	146 ^b ± 9	163 ^a ± 12	151 ^b ± 12	154 ^{a, b} ± 17

^{a, b} olika bokstäver anger signifikant skillnad mellan laktatkoncentrationen/tempo vid signifikansnivå P < 0,05.

^{x, y} olika bokstäver anger signifikant skillnad mellan laktatkoncentrationen/tempo vid signifikansnivå P < 0,05.

Laktatkoncentration

Laktatkoncentration i blodet efter ett heattest var signifikant lägre i juni jämfört med augusti (tabell 3), detsamma gällde för laktatkoncentrationen per träningstempo. Det var ingen signifikant skillnad mellan de två träningsgrupperna.

Tabell 3. Medelvärden av koncentrationen av laktat i blodet samt laktat i blodet per träningstempo efter ett heattest för respektive träningsgrupp samt totalt

	Laktat (mmol/l)			Laktat/tempo (mmol/l/tempo)		
	Maj	Juni	Augusti	Maj	Juni	Augusti
Grupp 1						
Häst 1	-	10,2	-	-	0,35	-
Häst 2	-	-	9,2	-	-	0,22
Häst 3	8,2	6,3	-	0,25	0,19	-
Häst 4	-	6,8	-	-	0,18	-
Häst 5	-	5,6	4,3	-	0,15	0,11
Häst 6	6,2	5,7	7,8	0,18	0,17	0,24
Häst 7	5,8	6,4	7,4	0,18	0,19	0,23
Häst 8	4,4	3,2	7,2	0,13	0,08	0,24
Grupp 2						
Häst 9	7	2,9	-	-	0,09	-
Häst 10	-	4	12,4	-	0,09	0,38
Häst 11	6,2	3,9	6,4	-	0,12	0,19
Häst 12	-	5,8	7,4	-	0,15	0,21
Häst 13	-	2,1	9,6	-	0,05	0,31
Häst 14	7,8	2,6	12,3	-	0,07	0,42
Häst 15	-	8,1	-	-	0,24	-
Häst 16	13,6	4,4	12,6	-	0,10	0,36
Medel						
Grupp 1	6,2 ± 1,6	6,3 ± 2,1	7,2 ± 1,8	0,18 ± 0,05	0,19 ± 0,08	0,21 ± 0,06
Grupp 2	8,7 ± 3,4	4,2 ± 1,9	10,1 ± 2,7	-	0,11 ± 0,06	0,31 ± 0,09
Totalt	7,4 ^{a, b} ± 2,8	5,2 ^b ± 2,2	8,8 ^a ± 2,7	0,18 ^{x, y} ± 0,05	0,15 ^y ± 0,08	0,27 ^x ± 0,09

^{a, b} olika bokstäver anger signifikant skillnad mellan laktatkoncentrationen vid signifikansnivå $P < 0,05$.

^{x, y} olika bokstäver anger signifikant skillnad mellan laktatkoncentrationen/tempo vid signifikansnivå $P < 0,05$.

VILOPULS

De pulsvärden som registrerades under vila varierade mellan 32 och 49 slag per minut med ett medelvärde på 41 ± 4 slag per minut (tabell 4). Vilopulsen var signifikant högre i maj och augusti jämfört med januari samt signifikant lägre i juni jämfört med augusti. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan januari och juni samt maj och juni. Mellan träningsgrupperna var det inga signifikanta skillnader.

Tabell 4. Hästarnas vilopuls (hjärtslag/ min) vid respektive mättillfälle

	Januari	Maj	Juni	Augusti
Grupp 1				
Häst 1	38	39	37	43
Häst 2	36	42	43	45
Häst 3	45	46	44	37
Häst 4	37	42	-	44
Häst 5	35	40	40	40
Häst 6	41	40	41	44
Häst 7	43	43	45	49
Häst 8	32	41	39	40
Grupp 2				
Häst 9	41	42	32	42
Häst 10	37	47	45	46
Häst 11	33	37	33	39
Häst 12	36	42	42	46
Häst 13	39	47	40	47
Häst 14	42	42	36	47
Häst 15	37	39	44	42
Häst 16	36	41	46	44
Medel				
Grupp 1	38 ± 4	42 ± 2	41 ± 3	43 ± 4
Grupp 2	37 ± 3	42 ± 4	40 ± 5	44 ± 3
Totalt	$38^a \pm 4$	$42^{b,c} \pm 3$	$40^{a,c} \pm 4$	$43^b \pm 3$

^{a, b, c} olika bokstäver anger signifikant skillnad vid signifikansnivå $P < 0,05$.

HJÄRTSTORLEK

Diametern på den vänstra ventrikeln (VVD) mättes i januari och varierade mellan 9,77 cm och 11,66 cm och hade ett medelvärde på $10,45 \pm 0,52$ cm (tabell 5). Kroppsvikten vid mättillfället varierade mellan 395 och 496 kg och VVD/kg kroppsvikt mellan 0,021 och 0,028 cm/kg.

Tabell 5. Hästarnas hjärtstorlek, vänstra ventrikelns diameter (VVD) i cm, samt hjärtstorleken per kroppsvikt (cm/kg) för januari

	Kroppsvikt (kg)	VVD (cm)	VVD/kroppsvikt (cm/kg)
Grupp 1			
Häst 1	464	10,63	0,023
Häst 2	446	10,42	0,023
Häst 3	421,5	10,28	0,024
Häst 4	441,5	10,49	0,024
Häst 5	470	11,66	0,025
Häst 6	444	10,02	0,023
Häst 7	461	10,75	0,023
Häst 8	461	10,15	0,022
Grupp 2			
Häst 9	496	11,04	0,022
Häst 10	426	9,77	0,023
Häst 11	432	9,91	0,023
Häst 12	457	10,18	0,022
Häst 13	458	10,93	0,024
Häst 14	471	10,06	0,021
Häst 15	395	10,99	0,028
Häst 16	434	9,85	0,023

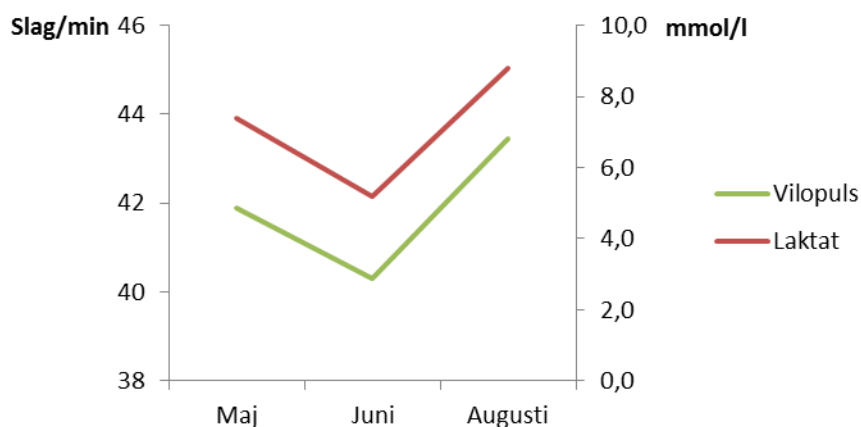
SAMBAND MELLAN PARAMETRAR

Vilopulsen (tabell 6) var signifikant positivt korrelerad med lufttemperaturen ($P = 0,0007$), när lufttemperaturen ökade så ökade även vilopulsen. Hästarnas laktatkoncentration i blodet efter ett heattest var signifikant positivt korrelerad med vilopulsen ($P = 0,005$) (figur 4), vilket även gäller för laktatkoncentrationen i blodet per träningstempo ($P = 0,007$). Lufttemperaturen (tabell 6) var signifikant negativt korrelerat med laktatkoncentrationen i blodet ($P = 0,014$) och laktatkoncentrationen per träningstempo ($P = 0,032$).

Tabell 6. Korrelationsmatris över parametrarnas korrelation med varandra

	Vilopuls	Arbetspuls	Återhämtningspuls	Laktat	VVD	VVD/kg	Lufttemperatur
Vilopuls	-	0,19	0,01	0,48**	0,09	-0,08	0,41***
Arbetspuls	0,19	-	0,71***	0,34	-0,02	0,02	-0,29
Återhämtningspuls	0,01	0,71***	-	0,46	-0,34	0,11	-0,52**
Laktat	0,48**	0,34	0,46	-			-0,42*
VVD	0,09	-0,02	-0,34		-	0,50*	
VVD/kg	-0,08	0,02	0,11		0,50*	-	
Lufttemperatur	0,41***	-0,29	-0,52**	-0,42*			-

* P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001



Figur 4. Samband mellan vilopuls (slag/min) och laktatkonzentration (mmol/l) i blodet efter ett heattest (1600 m, 9,9 – 11,2 m/s).

Arbetspuls och återhämtningspuls var signifikant positivt korrelerade ($P < 0,0001$ (tabell 6)). Återhämtningspuls hade även ett signifikant negativt samband med lufttemperaturen ($P = 0,0019$). Det fanns en tendens till samband mellan arbetspuls och lufttemperatur ($P = 0,09$). Det fanns en tendens till negativ korrelation mellan laktatkonzentrationen och antalet travade kilometer per vecka ($P = 0,07$), för laktatkonzentrationen per träningsstempo fanns det en signifikant negativ korrelation ($P = 0,047$).

Mängden laktat under heattestet var inte korrelerat med hästarnas arbetspuls, högsta puls och återhämtning under det standardiserade arbetstestet, vilket även gäller för laktatkonzentrationen per träningsstempo. Det fanns ingen korrelation mellan VVD och vilopuls samt de träningsrelaterade pulserna. Det fanns heller inget samband mellan VVD och kroppsvikten.

DISKUSSION

Puls kan mätas genom ett flertal metoder; med EKG, med stetoskop, genom palpation och med digitala pulsmätare. Fördelen med en digital pulsmätare är att pulsmätningen kan genomföras utan att hästen utsätts för en mänsklig närvaro som kan påverka pulsen. Andra fördelar med digitala pulsmätare är att de kan mäta pulsen under träning i fält och tillsammans med en GPS för att samtidigt registrera sträcka och hastighet (Kingston *et al.*, 2006; Vermeulen & Evans, 2006). Problem som har uppkommit under mätningarna av vilopulsen i den här studien har varit att mätarna under natten har förlorat kontakten, vilket har resulterat i ofullständiga mätningar. Orsaken till detta kan ha varit att bandet glidit när hästarna har lagt eller rest sig under natten och därmed har pulsbandets elektroder förlorat kontakten med huden. För att minska risken för dålig kontakt mellan hästens hud och pulsbandets elektroder har en kontaktgel använts och pälsen klippts om den varit tjock. Hästar har även lyckats slita bort sändaren från pulsbandet och därmed har ingen puls kunnat registreras. Mätningarna har genomförts under två till tre nätter per mätperiod för att garantera att få en fullständig mätning på respektive häst. Hästarna har inte haft en egen pulsmätare utan använt olika mätare under de olika mättillfällena.

LUFTTEMPERATUR

Lufttemperaturen har visat sig påverkat resultaten i studien vilket gör det svårt att upptäcka en träningseffekt på vilopulsen. Försöket startade i januari då det var vinter och kallt och avslutades i augusti när det var sommar och varmt. I studien fanns det ett signifikant positivt samband mellan lufttemperaturen och vilopulsen, där vilopulsen ökade med ökad lufttemperatur. När omgivningens temperatur ökar eller vid träning behöver hästen reglera sin värmeavgivning för att kunna hålla kroppstemperaturen konstant (Sjaastad *et al.*, 2003). Genom att bland annat öka blodflödet till huden kan värmen inifrån kroppen avges till omgivningen och kroppstemperaturen bibehållas. En hög omgivningstemperatur höjer hjärtfrekvensen då mer blod måste cirkulera för att kunna hålla kroppstemperaturen stabil (Nilsson, 1998). Det är inte bara temperaturen för dagen som påverkar pulsen utan även hur vana hästarna är vid den temperaturen (Geor *et al.*, 1996). För att kunna se om vilopulsen har påverkats av träning bör en ytterligare mätning av vilopulsen ske, förslagsvis i januari igen det vill säga ett år efter studiens start.

Lufttemperaturen var även negativt korrelerad med återhämtningspulsen, laktatkoncentrationen samt laktatkoncentrationen per tränings tempo. Även detta kan förklaras av att försöket startade i januari då det är vinter och kallt och pågick sedan fram till och med augusti då det är sommar och varmt ute. Att lufttemperaturen ökade under försökets gång är naturligt i och med årstidsförändringen som följde försöket, samtidigt som hästarna förbättrade sin kondition under försökets gång.

FÖRÄNDRING AV PULS UNDER VILA OCH ARBETE

Vilopuls

Enligt Jones (1989) och Clayton (1991) varierar hästars vilopuls mellan 25-50 slag/min vilket stämmer överens med de värden som registrerats i denna studie, 32-49 slag/min. Vid mätning av vilopulsen i den här studien har det inte tagits hänsyn till hästens allmäntillstånd, en ökad vilopuls kan ses vid till exempel sjukdom och smärta (Clayton, 1991). Yttre faktorer som störningar i och utanför stallet kan ha påverkat vilopulsen men genom att bara analysera pulskurvan där pulsen legat stabilt på en jämn låg nivå har dessa faktorer försökts minimeras.

Konditionsförbättring

Förbättrad kondition medför en ökad förmåga att utföra en given nivå av träning, hjärtfrekvensen under arbetet sjunker och återhämtningen efter går snabbare (Evans, 2000). För att bedöma om hästarna i studien hade förbättrat sin kondition genomfördes ett standardiserat arbetstest tre gånger under studien (januari, maj och augusti) där pulsen under arbete och återhämtningen mättes. Det fanns ett samband mellan arbetspulsen och återhämtningspulsen, när arbetspulsen var hög var även återhämtningspulsen hög. Detta är naturligt, om pulsen under arbete är hög tar det längre tid för pulsen att återvända till vilovärdet vilket gör att återhämtningspulsen blir högre. Hästarna sänkte sin återhämtningspuls under försökets gång vilket tyder på att de hade förbättrat sin kondition. Dock hade hästarna inte förbättrat sin kondition mellan maj och augusti då både arbetspulsen och återhämtningspulsen låg kvar på samma nivå. Resultaten kan ha påverkats av att det i maj fattades träningspulser på 6 hästar och i augusti på 8 hästar, orsaken till att hästarna saknade pulsmätningar är bland annat ofullständiga mätningar och att vissa hästar inte kunde köras på grund av skador.

Enligt Evans (2000) har hästen en individuell maxpuls mellan 210 och 240 slag/min som nås vid en särskild träningsintensitet, där ökningen av pulsen motsvarar en sjufaldig ökning av vilopulsen (Clayton, 1991). Det standardiserade arbetstestet i studien hade inte i syfte att hästarna skulle uppnå sin maxpuls utan det var utformat för att ha som referens under en längre tid och hade därmed en låg träningsintensitet samt genomfördes i ett lågt tempo. Den högsta pulsen som uppnåddes under det standardiserade arbetstestet låg mellan 130 och 190 slag/min, vilket i medeltal motsvarade en fyrfaldig ökning av vilopulsen.

En minskning av blodets laktatkoncentration vid en given hastighet tyder på en konditionsförbättring (Courouché, 1999). Laktatkoncentrationen mättes inte vid studiens start och i och med det finns det bara värden från maj och framåt. Utifrån laktatvärdena går det därmed inte att bedöma om hästarna förbättrade sin kondition under studien. Utifrån de data som finns sänkte inte hästarna laktatkoncentration i blodet mellan maj och augusti, vilket stämmer överens med träningspulserna som inte heller förändrades mellan dessa mättillfällen. Laktatvärdena kan ha påverkats av att det var färre antal hästar som hade mätvärden i maj och augusti. Efter att analysen av laktatvärdena var gjord har det visat sig att metoden som användes för analysen inte är helt validerad för laktatvärden över 10 mmol/l blod, vilket kan ha påverkat resultaten i studien. De värden i studien som är över 10 mmol/l kan alltså ligga både under och över angivet värde och det totala medelvärdet har därmed påverkats.

Träningsgrupper

Hästarna var från och med mars indelade i två träningsgrupper där grupp 2 hade ett träningsupplägg med 30 % lägre träningsmängd än grupp 1. Resultaten av träningspulsmätningarna visade att grupp 1 hade lägre högsta puls under hela träningspasset och återhämtade sig fortare efter träningspasset sett över hela studieperioden. Vid jämförelse mellan grupperna för respektive mättillfälle fanns det dock ingen signifikant skillnad mellan träningsgrupperna. Grupp 1 hade endast en numeriskt lägre puls, vilket även gällde vid mättillfället i januari som var innan gruppindelningen. Resultat tyder på att grupp 1 utförde träningspassen lättare än grupp 2, sett över hela studieperioden. En möjlig förklaring till det kan vara att grupp 1 hade en högre intensitet på träningarna, de har tränat fler intervaller och längre heat än grupp 2. Även om heatträningen totalt sett varit lika lång i kilometer för båda grupperna (totalt 7,8 km för respektive grupp vilket inkluderar heaten, värmning före och trav mellan heaten) har grupp 1 tränat med en högre intensitet (1600 meters heat) under dessa pass än grupp 2 (1100 meters heat) i och med längre heat. Det kan även vara så att de "bättre" hästarna har hamnat i grupp 1 trots att det tagits hänsyn till bland annat avelsparametrar och

muskelsammansättning vid gruppindelningen. Samtliga hästar har efter att mätningarna till denna studie avslutats klarat sina premielopp.

Trots att pulsvärdena tyder på att grupp 1 utförde det standardiserade träningspasset lättare än grupp 2 fanns det ingen signifikant skillnad i laktatkonzentrationen i blodet mellan de två grupperna. Dock mättes laktatkonzentrationen efter ett annat träningspass än det standardiserade träningspasset. Det fanns heller ingen signifikant skillnad i vilopuls mellan träningsgrupperna.

SAMBAND MELLAN VILOPULS OCH KONDITIONSFÖRBÄTTRING

Marsland (1968) visade i sin studie av två otränade hästar att de sänkte sin vilopuls signifikant efter en träningsperiod och Thomas *et al.* (1983) såg i sin studie av fem hästar en numerisk minskning av vilopulsen. Medan Kinnunen *et al.* (2006) inte såg någon skillnad i vilopuls hos hästarna i sin studie. I denna studie låg vilopulsen i juni på samma nivå som i januari då mätningarna startade. När försöket avslutades i augusti hade hästarna en högre vilopuls än vad de hade när försöket påbörjades. Eftersom hästarnas återhämtningspuls har minskat under försökets gång tyder det på en konditionsförbättring, dock fanns det inget samband mellan vilopulsen och återhämtningspulsen.

I studien var vilopulsen och laktatkonzentrationen signifikant positivt korrelerade, när vilopulsen var hög var även laktatkonzentrationen i blodet hög. Hästarna utförde inget standardiserat arbetstest i samband med mätningarna i juni och därmed finns det inga träningspulser för denna månad. För de andra mätningarna (maj och augusti) fanns det inget samband mellan laktatkonzentrationen och arbetspulsen samt återhämtningspulsen, dock mättes dessa parametrar under olika träningspass vilket gör det svårt att jämföra dessa. Dessa resultat skulle kunna visa att träning har en viss påverkan på vilopulsen.

Trots att det fanns ett samband mellan lufttemperatur och vilopuls hade hästarna en signifikant lägre puls i juni jämfört med augusti samtidigt som temperaturen var högre. Enligt resultaten av tränings- och återhämtningspulsen skulle hästarna varit i bäst kondition i maj. I och med att det saknas träningspulldata i samband med vilopulsmätningen i juni är det svårt att bedöma hästarnas kondition vid det tillfälle. Trenden tyder dock på att pulsen i juni borde legat på liknande nivå som den i maj då det inte var någon förändring mellan maj och augusti. Laktatkonzentrationen mättes inte i januari vilket gör att det inte finns något värde från studiens start. Laktatkonzentrationen var signifikant lägre i juni jämfört med augusti. Vilket kan tyda på att hästarna hade bäst kondition i samband med mättillfället i juni, trots att det inte var någon signifikant skillnad mellan maj och juni samt maj och augusti. Detta skulle i så fall möjligen visa att vilopulsen i juni hade påverkats av träning. För att undersöka detta skulle försöket behöva upprepas så att det finns träningspulser och laktatvärden i samband med samtliga mättillfällen för vilopulsen.

HJÄRTSTORLEK

Storleken på hästarnas hjärta, diametern på den vänstra ventrikeln (VVD), var liknande den som jämnåriga hästar hade i en studie av Buhl *et al.* (2005). Vikten på hästarna i januari låg även i nivå med resultaten i studien av Buhl *et al.* (2005). Dock fanns det inget samband mellan VVD och hästarnas kroppsvikt vilket det gjorde i studien av Buhl *et al.* (2005). Buhl *et al.* (2005) mätte ventrikelstorleken och kroppsvikten fyra gånger med ett intervall på 6 månader. I denna studie har ventrikeln endast mätts vid ett tillfälle vilket kan vara en förklaring till att det saknas samband. Det fanns inget samband mellan VVD och vilopulsen samt träningspulserna. Det hade varit intressant att göra en uppföljning av mätningen av hästarnas ventrikeldiameter, då studien av Buhl *et al.* (2005) visade att det fanns ett samband mellan hjärtstorlek och prestation.

SLUTSATS

Hästarna förbättrade sin kondition under försökets gång genom att sänka sin återhämtningspuls. Dock sänktes inte vilopulsen och det fanns inget samband mellan vilopulsen och återhämtningspuls efter arbete. Studien visade att det fanns ett positivt samband mellan vilopulsen och laktatkoncentrationen i blodet efter arbete, laktatkoncentrationen var högre när hästarna hade en högre vilopuls. Vilopulsen följde även lufttemperaturen, där vilopulsen ökade med ökad lufttemperatur. Studien har varken kunnat påvisa eller förkasta ett samband mellan en sänkning i vilopuls och en konditionsförbättring.

TACK TILL

Jag vill först och främst tacka mina handledare Sara Ringmark och Clarence Kvant för all hjälp och svar på de frågor jag haft. Tack även till Sara Ringmark och Anna Jansson för hjälpen med pulsmätningarna samt Roger Persson och eleverna på Travskolan Wången för all hjälp med mätningar och körning av hästarna. Tack även till Polar Electro AB, Finland, för tillgången till pulsklockorna. Till sist vill jag tacka min familj och mina vänner för allt stöd.

REFERENSER

- Barbesgaard, L., Buhl, R., Meldgaard. 2010. Prevalence of exercise-associated arrhythmias in normal performing dressage horses. *Equine vet. J.* 42, 202-207.
- Barker, A. B. E., Warren-Smith, A. K. 2005. A comparison of fitness between horses with different exercise history. *Australian Farm Business Management Journal* 2, 17-23.
- Betros, C. L., McKeever, K. H., Kearns, C. F., Malinowski, K. 2002. Effects of ageing and training on maximal heart rate and VO_{2max} . *Equine exercise physiology* 6, *Equine vet. J.* 34, 100-105.
- Bruin, G., Kuipers, H. A., van der Vusse, G. J. 1994. Adaptions and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *Journal of Applied Physiology* 76, 1908-1913.
- Buhl, R., Ersbøll, A. K., Eriksen, L., Koch, J. 2005. Changes over time in echocardiographic measurements in young Standardbred racehorses undergoing training and racing and association with racing performance. *J Am Vet Med Assoc* 226, 1881-1887.
- Buhl, R., Meldgaard, C., Barbesgaard, L. 2010. Cardiac arrhythmias in clinically healthy showjumping horses. *Equine vet. J.* 42, 196-201.
- Butler, P. J., Woakes, A. J., Smale, K., Roberts, C. A., Hillidge, C. J., Snow, D. H., Marlin, D. J. 1993. Respiratory and cardiovascular adjustments during exercise of increasing intensity and during recovery in thoroughbred racehorses. *J. exp. Biol.* 179, 159-180
- Clayton, H. M. 1991. *Conditioning Sport Horses*, 3-30. Sport Horse Publications, Canada.
- Couroucé, A. 1999. Field exercise testing for assessing fitness in French standardbred trotters. *The veterinary journal* 157, 112-122.
- Ellis, J. M., Hollands, T., Allen, D.E. 2002. Effect of forage intake on bodyweight and performance. *Equine exercise physiology* 6, *Equine vet J* 34, 66-70.
- Evans, D. L. 1994. The cardiovascular system: anatomy, physiology, and adaptions to exercise and training. In: *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (eds. Hodgson, D. R., Rose, R. J), Saunders Company, Philadelphia, USA.
- Evans, D. L. 2000. *Training and fitness in athletic horses*. Rural industries Research and Development Corporation, Canberra, Australia.
- Evans, D. L. 2007. Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine vet. J.* 39, 373-383.
- Evans, D. L. 2008. Exercise testing in the field. In: *Equine exercise physiology, The science of exercise in the athletic horse* (eds. Hinchcliff, K. W. Geor, R. J. Kaneps, A. J.), 12-27. Elsevier Limited, Philadelphia, USA.
- Geor, R. J., McCutcheon, L. J., Lindinger, M. I. 1996. Adaptions to daily exercise in hot and humid ambient conditions in trained Thoroughbred horses. *Equine vet J Suppl* 22, 63-68.
- Golland, L. G., Evans, D. L., McGowan, C. M., Hodgson, D. R., Rose, R. J. 2003. The effects of overtraining on blood volumes in Standardbred racehorses. *The Veterinary Journal* 165, 228-233.
- Hamlin, M. J., Shearman, J. P., Hopkins, W. G. 2002. Changes in physiological parameters in overtrained Standardbred racehorses. *Equine vet. J.* 34, 383-388.

- Harris, P., Marlin, D. J., Davidsson, H., Rodgerson, J., Gregory, A., Harrison, D. 2007. Practical assessment of heart rate response to field exercise under field conditions. *Equine and comparative exercise physiology* 4, 15-21.
- Hinchcliff, K. W., Geor, J. R. 2008. The horse as an athlete: a physiological overview. In: *Equine exercise physiology, The science of exercise in the athletic horse* (eds. Hinchcliff, K. W. Geor, R. J. Kaneps, A. J.), 2-11. Elsevier Limited, Philadelphia, USA.
- Jones, W. E. 1989. *Equine Sports Medicine*, 59-119. Lea & Febiger, USA.
- Kingston, J. K., Soppet, G. M., Rogers, C. W., Firth, E. C. 2006. Use of global position and heart rate monitoring system to assess training load in a group of Thoroughbred racehorses. *Equine vet. J. Suppl.* 36, 106-109.
- Kinnunen, S., Laukkanen, R., Haldi, J., Hanninen, O., Atalay, M. 2006. Heart rate variability in trotters during different training periods. *Equine vet. J. Suppl.* 36, 214-217.
- Kline, H., Foreman, J. H. 1991. Heart and spleen weights as a function of breed and somatotype. *Equine Exercise Physiology*, 3, 17-21.
- Kobayashi, M., Kuribara, K., Amada, A. 1999. Application of V_{200} values for evaluation of training effects in the young thoroughbred under field conditions. *Equine veterinary journal supplement* 30, 159-162.
- Kriz, N. G., Hodgson, D. R., Rose, R. J. 2000. Changes in cardiac dimension and indices of cardiac function during deconditioning in horses. *Am J Vet Res* 61, 1553-1560.
- Krumrych, W. 2006. Variability of clinical and haematological indices in the course of training exercise in jumping horses. *Bull Vet Inst Pulawy* 50, 391-396.
- Leleu, C., Cotrel, C. 2006. Body composition in young Standardbreds in training: relationships to body condition score, physiological and locomotor variables during exercise. *Equine vet. J. Suppl.* 36, 98-101.
- Leleu, C., Cotrel, C., Courouché-Malblanc, A. 2005. Relationship between physiological variables and race performance in French standardbred trotters. *Veterinary Record* 156, 339-342.
- Marsland, W. P. 1968. Heart rate response to submaximal exercise in the Standardbred horse. *Journal of Applied Physiology* 24, 98-101.
- Menzies-Gow, N. 2001. ECG interpretation in the horse. *In Practice* 23, 454-459.
- Mukai, K., Takahashi, T., Hada, T., Eto, D., Kusano, K., Yokota, S., Hiraga, A., Ishida, N. 2003. Influence of gender and racing performance on heart rates during submaximal exercise in Thoroughbred racehorses. *J. Equine Sci.* 14, 93-96.
- Nilsson, J. 1998. Puls- och laktatbaserad träning. SISU Idrottsböcker, Farsta.
- Patteson, M. 1996. *Equine Cardiology*. Blackwell Science Ltd.
- Persson, S. G. B. 1997. Heart rate and blood lactate responses to submaximal treadmill exercise in the normally performing standardbred trotter – Age and sex variations and predictability from the total red blood cell volume. *J. Vet. Med.* 44, 125-132.
- Persson, S. G. B., Österberg, I. 1999. Racing performance in red blood cell hypervolaemic Standardbred trotters. *Equine vet. J. Suppl.* 30, 617-620.

- Rivero, J. L. L., Piercy, R. J. 2008. Muscle physiology: responses to exercise and training. In: Equine exercise physiology, The science of exercise in the athletic horse (eds. Hinchcliff, K. W. Geor, R. J. Kaneps, A. J.), 30-80. Elsevier Limited, Philadelphia, USA.
- Polar Electro 1, <http://www.polarpuls.com/sv/produkter/equine> 2011-07-06
- Polar Electro 2,
http://www.polarpuls.com/sv/produkter/equine/tillbehor/polar_equine_WearLink_sandarbalte_WI
ND 2011-08-02
- Pösö, A. R., Hyyppä, S., Geor, R. J. 2008. Metabolic responses to exercise and training. In: Equine exercise physiology, The science of exercise in the athletic horse (eds. Hinchcliff, K. W. Geor, R. J. Kaneps, A. J.), 248-273. Elsevier Limited, Philadelphia, USA.
- Ryan, N., Mass, C. M., McGladdery, A. J. 2005. Survey of cardiac arrhythmias during submaximal and maximal exercise in Thoroughbred racehorses. *Equine vet. J.* 37, 265-268.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K., Sand, O. 2003. *Physiology of Domestic Animals*, Scandinavian Veterinary Press, Oslo.
- Snow, D. 1987. Equine practice: Assessment of fitness in the horse. In *Practice* 9, 26-30.
- Thomas, D. P., Fregin, G. F., Gerber, N. H., Ailes, N. B. 1983. Effects of training on cardiorespiratory function in the horse. *American Journal of Physiology* 245, 160-165.
- Vermeulen, A. D., Evans, D. L. 2006. Measurements of fitness in Thoroughbred racehorses using field studies of heart rate and velocity with global position system. *Equine vet. J.* 36, 113-117.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., Kenny, W. L. 2008. *Physiology of sport and exercise*, 122-141. Human kinetics Publisher, Champaign, USA.
- Young, L. E. 1999. Cardiac responses to training in 2-year-old Thoroughbreds: an echocardiographic study. *Equine vet. J. Suppl.* 30, 195-198.
- Young, L. E., Rogers, K., Wood, J. L. N. 2005. Left ventricular size and systolic function in Thoroughbred racehorses and their relationships to race performance. *J. Appl. Physiol.* 99, 1278-1285.

Nr	Titel och författare	År
351	Jämförelse mellan renskötsel och betesbaserad fårskötsel Comparison of reindeer husbandry and pasture based sheep husbandry 15 hp C-nivå Julia Bäckström	2011
352	Betets avkastning på olika typer av naturbetesmark – en fält- och metodstudie Pasture yield on different types of semi-natural pastures – a field and methodology study 30 hp E-nivå Josefin Back	2011
353	I vilken utsträckning kan hästar enbart utfodras med grovfoder? In what extent can horses only be fed with roughhage? 15 hp C-nivå Emelie Ferm	2011
354	Krautfodrets påverkan på återhämtningsförmågan hos hästar efter träning och transporter The impact of concentrate on the recovery in horses after training and transportation 30 hp E-nivå Madeleine Axelsson	2011
355	Swedish-produced protein feed for pigs Svenskproducerat proteinfoder till slaktsvin 15 hp C-nivå Hanna Nilsson	2011
356	Quantification of sleep in dairy cows in three different stages of lactation 30 hp E-nivå Emma Nilsson	2011
357	Milk production in dairy cows and goats – a case study in the Nyando district in South-Western Kenya 15 hp G2E-nivå Lina Wallberg	2011
358	Metoder för reduktion av halten lösliga kolhydrater i vallfoder och jämförelse av analysmetoder Methods for the reduction of soluble carbohydrate levels in conserved roughages and the comparison of analytical methods 30 hp A2E-nivå Emma Pettersson	2011

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa, samt tidigare arbeten, kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. Earlier numbers are listed at the end of this report and may be obtained from the department as long as supplies last.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
INSTITUTIONEN FÖR HUSDJURENS UTFODRING OCH VÅRD
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
