



Pulsmätning på häst

Heart Rate Monitoring in Horses

Anna Gunnarsson, Linda Jerdmyr

**Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Djursjukvårdarprogrammet**

Skara 2009

Studentarbete 240

***Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Environment and Health
Veterinary Nursing Education***

Student report 240

ISSN 1652-280X

Heart Rate Monitoring in Horses

Anna Gunnarsson, Linda Jerdmyr

Självständigt arbete, 10 hp, Djursjukvårdarprogrammet

Handledare: Barbro Attrell

Innehållsförteckning

Bakgrund	4
Metod	4
Hästens kardiovaskulära system och träningens effekter på det kardiovaskulära systemet	5
<i>Hjärtat</i>	5
<i>Blodkärl</i>	10
<i>Blodet</i>	11
Fältstudie – Är det möjligt att använda monitorering av hjärtfrekvens för att mäta konditionsstatusen hos ridhästar?	13
<i>Material</i>	13
<i>Utförande</i>	13
<i>Resultat</i>	15
Fältstudie – När är det lämpligast att mäta hästens vilopuls?	20
<i>Material</i>	20
<i>Utförande</i>	20
<i>Resultat</i>	20
Diskussion	22
Sammanfattning/Summary	24
Referenslista	25

Bakgrund

Idag används pulsklockor i stor omfattning av människor som tränar regelbundet. Rätt använd kan pulsklockan mäta utövarens prestation, ge information om hur hårt/lätt träningspasset var och om kroppen återhämtat sig från gårdagens träningspass. Inom hästsporten, speciellt inom trav- och galoppverksamheten, har intresset för pulsmätning vuxit på senare år. Man anser sig kunna dra fördelar av pulsmätning för att träna hästar på ett bättre sätt med motivationen att undvika överträning och minska risken för skador.

Mätning av pulsslagen genom palpation och med hjälp av stetoskop har tidigare varit de enda sätten att mäta hjärtfrekvensen hos häst. Numera finns även EKG och flertalet varianter av pulsklockor. Pulsklockorna har den fördelen att de kan mäta pulsslagen även då hästen är i rörelse.

Även inom rehabiliteringen används pulsklockan som ett hjälpmedel. Hästen är ett bytesdjur och döljer sin smärta och trötthet och det är därför inte alltid lätt att med ögat avgöra hur hästen mår. En djursjukskötare/veterinär/hästågare som har vana av pulsmätning kan se förändringar av hästens hjärtfrekvens på grund av smärta, stress eller utmattning när hästen tränas på ett rullband eller i en vattentraskare.

Till följd av en konditionsförbättring hos människa ses en sänkning av vilopulsen samt en snabbare återhämtning efter träning. Personen kan dessutom utföra ett bestämt träningspass med lägre hjärtfrekvens, alltså mindre ansträngning, jämfört med tidigare. Syftet med arbetet har varit att undersöka om det är möjligt att se någon sådan förändring på hjärtfrekvensen hos en häst som är i en träningsperiod där den förväntas att förbättra sin kondition. Ambitionen har också varit att med hjälp av manuell pulstagnation undersöka när under dagen man bör kontrollera vilopulsen, vilket hästågare, tränare och de som arbetar med hästar på klinik kan ha nytta av i praktiken.

Vi har valt att göra fältstudierna på ridhästar för att det i nuläget finns mycket få studier gjorda på sporthästar och att vårt intresseområde ligger just här.

Metod

Arbetet utgörs av en litteraturstudie och två fältstudier. Litteraturstudien ger läsaren en grundläggande inblick i hästens kardiovaskulära system och vilka effekter regelbunden träning har på systemet. Både litteratur från humanvetenskap och hästvetenskap har använts och i de fall inget annat anges avses häst.

Litteraturdelen kompletteras av två fältstudier. I den ena studien mättes hjärtfrekvensen innan, under och efter träning med hjälp av pulsmätare. Studien utfördes två gånger med åtta veckors mellanrum på tre hästar. I den andra studien mättes hjärtfrekvensen på fyra hästar morgon och kväll under fem dagar för att se när på dygnet det är lämpligast att mäta fram hästens vilopuls.

Hästens kardiovaskulära system och träningens effekter på det kardiovaskulära systemet

Hjärtat

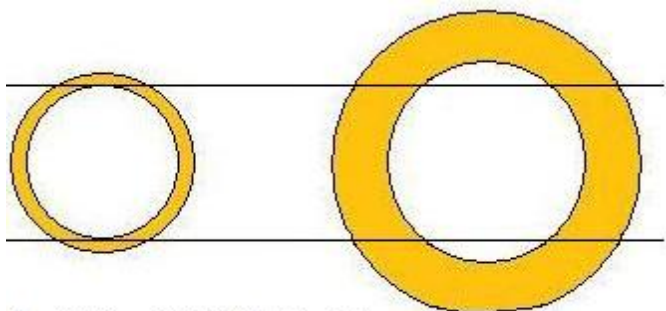
Hjärtat innehåller fyra åtskiljda kammare; vänster förmak (atrium) och kammare (ventrikel) samt höger atrium och ventrikel. Mellan vänster och höger hjärthalva finns en skiljevägg, septum (3, 9). Runt hjärtat finns perikardiet som består av två glatta skikt; det inre skiktet (det visceral) som fäster i hjärtväggen samt det yttre skiktet (det parietala). Området mellan skikten innehåller vätska som gör att hjärtat kan röra sig utan friktion (9).

Hjärtats väggar är uppbyggda av glatt hjärtmuskulatur, myokardium. Myokardiets tjocklek varierar beroende på vilket arbete som utförs av hjärtmuskulaturen på varje specifikt ställe. Den vänstra ventrikeln, som ska pumpa ut blod till kroppens alla kapillärnät, har en kraftigare vägg än den högra, som pumpar blodet den korta vägen till lungorna. Atrierna utför ett lättare arbete och deras väggar är därför tunnare än ventriklarnas (9).

För att inte blodet ska flöda tillbaka när hjärtat kontraheras finns klaffar mellan atrium och ventrikel (atrioventrikulärklaffar) och mellan ventrikel och lungartär samt aorta (pulmonalisklaffen samt aortaklaffen). Klaffarna är passiva och styrs av blodtrycket vilket innebär att när trycket är tillräckligt högt öppnas klaffen och blodet kan strömma ut (9, 11).

Vid regelbunden träning, och då främst intensiv aerobisk träning, kräver de arbetande skelettmuskulerna en ökad tillgång på syre och näringsämnen. Av den anledningen måste hjärtats vänstra kammare arbeta hårdare för att få ut tillräckligt stor mängd blod för att möta upp mot musklernas behov. På samma vis som skelettmuskler växer till som följd av ökad belastning så kommer myokardiet i vänster kammare så småningom att bli kraftigare och därigenom kunna pumpa ut blodet effektivare (7, 11).

En studie från 1974 bekräftar tillväxten av hjärtmuskulaturen till följd av träning. Vid träningsperiodens början utgjorde hjärtmuskulaturen 0,94 procent av kroppsmassan hos de otränade fullblodshästarna. Två månader senare var siffran 1,1 procent (7).



Figur 1. Schematisk bild. Fritt från (11).

En studie från 1999 visar att det inte bara är tjockleken på kammarväggen som ökar till följd av kontinuerlig träning utan kammaren blir dessutom rymligare (Figur 1). Detta tillåter mer blod att strömma in i kammaren och mer blod kommer därav att pumpas ut i aorta (7).

Hjärtat hos en fullblodshäst väger mellan fyra och fem kg vilket motsvarar 0,86 procent av kroppsvikten. Hos araben är motsvarande värde 0,76 procent och hos tyngre kallblod endast 0,62 procent av kroppsvikten (7).

Hjärtat har sin egen blodförsörjning genom kranskärnen som viker av vid basen av aorta. Nätverket av artärer och vener säkerställer ett utbyte av syre, näring och avfallsprodukter mellan hjärtats vävnader och blodet. I jämförelse med aorta är kranskärnen små och de skulle inte klara det enorma tryck som uppstår då blodet pressas ut i aorta. Därför sitter mynningarna till kranskärnen så att de täcks av de öppna segelklaffarna. När trycket från det utströmmande blodet minskar så stängs klaffarna och öppningarna till kranskärnen blottas så att blod kan strömma in (11).

Vid kontinuerlig träning ökar kranskärnen i storlek och bidrar då till en förbättrad syresättning av hjärtmuskulaturen (11).

Hjärtats retledningssystem

Hjärtats sammandragning styrs av retledningssystemet där sinoatrialknutan (SA-knuta), atrioventrikulärknuta (AV-knuta) och His'ska buntens med Purkinjefibrerna samarbetar. SA-knuta sitter i höger atrium intill mynningen av övre hålvenen. Celler som sitter i SA-knuta genererar en elektrisk impuls som sprids från hjärtcell till hjärtcell över atrierna tills dess att impulsen når AV-knuta. I AV-knuta, som är belägen mellan höger atrium och ventrikel, fördröjs den elektriska impulsen så att de båda förmaken hinner tömmas innan kamrarna påbörjar sin kontrahering. På så vis finns det gott om tid för blodet att strömma från atrium till ventrikel (3, 9, 12).

Från AV-knuta leds impulsen vidare mot hjärtats bas genom Purkinjefiber som förgrenar sig ur His'ska buntens. Fibrerna formar sedan ett nätverk som sträcker sig från hjärtats spets upp genom ventriklarnas muskulatur. Purkinjefibrerna arbetar fem till tio gånger snabbare än muskelcellerna i hjärtat (9). Eftersom de elektriska impulserna leds nerifrån och upp sker en effektiv tömning då blodflödet riktas uppemot aortas och lungartärens mynningar (7, 9, 11).

SA-knuta alstrar sina impulser regelbundet och autonomt men regleras även av det sympatiska och parasympatiska nervsystemet. Genom att påskynda respektive bromsa hastigheten i sinusknutans impulser så påverkas hjärtfrekvensen (7, 9).

Blodtryck

Hjärtcykeln delas in i två stadier: systole (hjärtats arbetsfas) och diastole (hjärtats vilofas). Vid systole kontraheras ventriklarna på hjärtats bågiga sidor och trycker vidare blodet ut i lungartären samt aorta. Samtidigt fylls höger förmak med blod från de två stora hålvenerna och vänster förmak med blod från lungvenen. I slutet av diastolefasen kontraheras förmaken och fyller kamrarna med blod. När sedan ventriklarna kontraheras igen är alltså förmaken avslappnade.

Blodtrycket är det tryck som blodet åstadkommer på blodkärlens väggar under dessa två faser (3,7, 9). Faktorer som påverkar blodtrycket är hjärtfrekvensen, blodvolymen, kraften vid kontraktionen av hjärtat och motståndet som skapas av blodkärlen (2).

Hos en ung vuxen människa i vila är det systoliska blodtrycket omkring 120 mmHg medan det diastoliska trycket är cirka 70 mmHg (9). Oftast skrivs blodtrycket som 120/70. Motsvarande värde på hästar är ungefär detsamma (7). Siffrorna i litteraturen varierar dock. Hilary M. Clayton uppger i *Conditioning Sport Horses* att blodtrycket på en häst i vila är 155/110 mmHg medan det under intensiva träningspass når 250/120 mmHg (2).

Eftersom hjärtats vänstra ventrikel är kraftfullare än dess högra är blodtrycket högre i kroppskretsloppet än i lungkretsloppet. Därtill bör nämnas att kärlbäddsmotståndet i kroppskretsloppet är högre än det i blodkärlen till lungorna. Medelartärtrycket i de respektive kretsloppen ligger omkring 100 mmHg och 15-30 mmHg, det högre värdet speglar då trycket i kroppskretsloppet (7). Medelartärtrycket beräknas med formeln

$$\text{MAP} = \text{DBP} + (0,333 \times (\text{SBP} - \text{DBP}))$$

där MAP står för mean arterial pressure (medelartärtryck), DBP för diastolic blood pressure (diastoliskt blodtryck) och SBP för systolic blood pressure (systoliskt blodtryck). Om det sker en höjning av blodtrycket i kroppskretsloppet vid ett submaximalt arbete (ett arbete då hästens hjärtfrekvens understiger det maximala) så är den minimal. Blodtrycket kan även sjunka något till följd av vasodilatationen i muskler och hud. Under maximal ansträngning däremot kan blodtrycket stiga till ungefär 200/120 mmHg (7).

Hos människan ses ingen ökning av blodtrycket i lungkretsloppet under träning medan det hos hästen stiger markant. Medelartärtrycket kan nå upp över 90 mmHg (5, 6, 7). Ökningen tros bero på att vänster atrium inte klarar att ta hand om det stora blodflödet från lungkretsloppet och att blodströmmen kommer att stocka sig i lungvenen och fortplanta ett ökat tryck bakåt i lungkretsloppet (7).

Slagvolym

Den mängd blod som pumpas ut ur vänster kammare under den systoliska fasen kallas slagvolym, SV. Slagvolymen är på så vis den slutdiastoliska volymen (den blodvolym som finns i vänster atrium i slutet av den diastoliska fasen, alltså precis innan hjärtat kontraheras) subtraherat med den slutsystoliska volymen (den blodvolym som finns i vänster atrium i slutet av den systoliska fasen, alltså efter att blodet har tömts ut i aorta) (9, 11).

Flera faktorer ger en ökad slagvolym till följd av rätt och regelbunden träning. Ökningen ses under vila, under träning och efter träning (11). En utökad inre diameter hos den vänstra ventrikeln tillåter mer blod att strömma in och därav kan mer blod pumpas ut. Med träning ökar även blodvolymen i kroppen vilket innebär att det finns mer blod tillgängligt och den slutdiastoliska volymen ökar. En lägre hjärtfrekvens som resultat av träning ger en utdragen diastolisk fas och kammaren fylls då med blod under en längre tid (11).

Som synes kommer ventrikeln att fyllas med blod på ett effektivare sätt och den stora mängden blod kommer att pressa på kammarväggarna. Väggarna är flexibla och kommer att ge efter, eller mer korrekt spännas som en fjäder. Vid kontraktionen så fjädrar väggarna tillbaka vilket ger en extra skjuts på blodet. Den ökade muskelmassan i kammarväggen gör dessutom att hjärtat töms effektivare och mer fullständigt och den slutsystoliska volymen i vänster kammare minskar (11).

Slagvolymen uppskattas till 1000 ml per slag hos en 445 kg tung häst i vila (6). Celia Marr uppger siffrorna 800 - 900 ml/slag för en vilande häst eller ungefär 2-2,5 ml/kg/slag (8). En SV på 1700 ml/slag har uppmätts hos vältränade fullblodhästar under arbete på löpband (8).

Det antas att slagvolymen kan minska vid höga hjärtfrekvenser då återfyllnadstiden av hjärtats kamrar blir för kort. Det sker om det venösa återflödet inte kan upprätthålla ett tillräckligt högt tryck för att driva på återfyllnaden av kamrarna (6).

Hjärtfrekvens

Hjärtfrekvensen är detsamma som antalet slag hjärtat slår per tidsenhet, oftast angivet som antal hjärtslag per minut. Hjärtfrekvensen regleras mestadels av balansen mellan det parasympatiska nervsystemet och det sympatiska nervsystemet. När det sympatiska systemet är stimulerat som till exempel vid stress, feber, upphetsning eller fysisk aktivitet ökar frekvensen av de elektriska impulserna från SA-knutan och därmed ökar hjärtfrekvensen, medan när det parasympatiska systemet stimuleras som vid sömn och vila sänks hjärtfrekvensen (3).

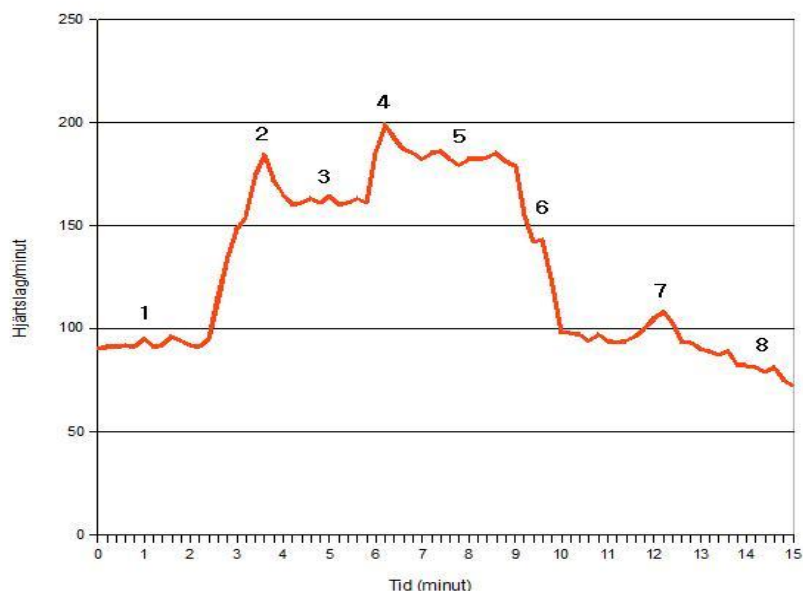
Enligt William E. Jones kan hjärtfrekvensen vid vila hos vuxna hästar vara så låg som 26 slag per minut men medelvärdet är omkring 35 slag per minut. Med hjälp av EKG har man uppmätt så låga värden som 22-25 slag per minut. Mätningarna utfördes på uppstallade hästar i en lugn miljö utan att någon människa fanns närvarande i stallet (7).

Vid förberedelsen inför träning ses ofta en pulsökning på fem till tio slag per minut vilket gör att det är svårt att uppmäta den riktiga vilopulsen (7). Unghästar och hästar med ett känsligare temperament visar oftare en större föregripande hjärtfrekvensökning än andra. En ökning på 70-90 slag/minut har mätts på unga fullblodshästar, de äldre ridhästarna i samma studie hade en höjning på 40-50 slag per minut (2).

Vid ansträngning eller stress kan pulsen höjas upp till 240 slag per minut eller mer (1, 7). Den absolut högsta pulsen en individ kan uppnå är dess maxpuls som inte kan förbättras med träning. Precis som hos människan sjunker maxpuls hos hästen med stigande ålder (2, 7). Hos en häst på 8-10 år kan man förvänta sig en maxpuls på 220-230 slag per minut medan en 15-årig häst kan ligga mellan 190-210 slag per minut. Uppgifterna kommer från en studie gjord på halvblod- och fullblodshästar (7).

Hjärtfrekvensen ökar i takt med farten upp till maxpuls. Dock ses ofta en ”overshoot” i början på arbetspasset vilket innebär att hjärtfrekvensen snabbt stiger för att sedan sjunka och stabilisera sig i ett ”steadystate” (se figur 2). En ”overshoot” ses som en topp i direkt anslutning till en ökad belastning (se figur 2). En trolig förklaring är att hjärtat förekommer det ökade syrebehovet för att undvika syrebrist i ett senare skede i arbetet (7).

Återhämtningen har två faser: en snabb initial fas där pulsen sjunker snabbt och en långsammare fas där pulsen gradvis närmar sig vilopulsen (se figur 2). Det är viktigt att hästen långsamt får minska arbetsintensiteten eftersom hästen då återhämtar sig effektivt. Vid ett abrupt avslut ses oftast en snabb initial återhämtning följt av en ”overshoot” som ger en längre total återhämtningstid (se figur 2) (7).



Figur 2. Exempel på en pulskurva för en häst. 1. Hästen skrittar. 2. Hästen har gått över i trav, vid siffran syns en "overshoot". 3. "Steadystate" under traven. 4. Hästen har gått över i galopp, vid siffran syns återigen en "overshoot". 5. "Steadystate" under galoppen. 6. Första återhämtningsfasen. 7. "Overshoot" på grund av en abrupt avsaktning från galopp till stillastående. 8. Andra återhämtningsfasen. (2,7)

För att kontrollera hästens hjärtfrekvens kan man använda ett stetoskop eller känna pulsen för hand där en artär passerar över ett ben, till exempel under käken (figur 3). Man kan också använda sig av en pulsmätare (figur 3). Ytterligare ett sätt att mäta är med elektrokardiografi (EKG) (4, 7).



Figur 3, t.v. pulsklocka och sändarbälte, t.h. palpering av facialisartären (foto A.Gunnarsson).

Konditionsträning av en häst förändrar inte hästens maxpuls men en förbättrad kondition gör att hästen kräver en högre arbetsbelastning för att nå sin maxpuls. Med andra ord kan

hästen arbeta hårdare och springa fortare vid ett givet pulsvärde. En otränad häst som galopperar i en hastighet av 14 m/s har en pulsfrekvens på 200 slag per minut. Efter några månaders träning kan samma häst hålla en hastighet av 16 m/s och ändå ligga på samma hjärtfrekvens.

Hos människan märks en sänkning av vilopulsen till följd av regelbunden träning, en förändring som generellt inte ses hos den tränande hästen (5). Däremot har både hästar och människor i god fysisk kondition en snabbare återhämtning efter ett träningspass än om de varit otränade (7).

Minutvolym

Minutvolymen är den mängd blod som hjärtat pumpar sammanlagt under en minut och beräknas genom att multiplicera slagvolymen med hjärtfrekvensen. Slagvolymen och därmed minutvolymen är beroende av vilken mängd blod som återkommer till den högra sidan av hjärtat, kontraktionskraften samt trycket i artärsystemet (7).

En häst i vila har en ungefärlig minutvolym på 25-40 liter per minut (2, 6, 7) vilket är lika mycket eller mer än människans maximala minutvolym, som enligt David Marlin ligger mellan 25 och 35 liter per minut. Hästens maximala minutvolym är ungefär 300 liter per minut vid ansträngning (7). Minutvolymen hos en vuxen genomsnittsperson i vila ligger mellan fem och sex liter per minut (9, 12).

Blodkärlen

Artär

Artärer är uppbyggda av tre skikt där det innersta skiktet består av endotelceller och det yttersta av bindväv. Mellanskiktet är det tjockaste och är uppbyggt av elastisk bindväv och glatt muskulatur. Fördelningen skiljer sig beroende på artärens storlek, ju större artär desto mer elastisk bindväv och desto mindre glatt muskulatur, ju mindre artär desto mer glatt muskulatur och desto mindre elastisk bindväv (12). Den glatta muskulaturen kontrolleras av det autonoma nervsystemet och en kontraktion av muskulaturen leder till en minskning i diametern av artären, vasokonstriktion, som gör att mindre blod kan strömma den vägen. Vasodilatation är motsatsen och innebär att muskeltväggen slappnar av och mer blod kan passera. Artärerna förgrenar sig och blir mindre och mindre. De allra minsta artärerna, arteriolerna är de som i huvudsak påverkas genom det sympatiska nervsystemet, till vasodilatation samt vasokonstriktion (9).

Kapillär

Det syresatta blodet leds genom artärerna och arteriolerna och når sedan kapillärerna. Det är här som utbytet mellan blodet och de omkringliggande vävnaderna sker. Det encelliga endotellagret som utgör kapillärernas väggar möjliggör diffusion mellan blodet och vävnaden. Det tar ungefär en till två sekunder för blodet att flyta igenom ett normalstort kapillärnät. Medelartärtrycket i kapillärerna är ungefär 200 mmHg (7). Under träning flödar blodet snabbare genom kapillärerna i vissa vävnader vilket i vissa fall kan inverka negativt på prestationsförmågan. Blodet genom lungkapillärerna, där blodet syresätts, kan i vissa fall ha så pass hög hastighet att det inte syresätts fullständigt (7).

Vid regelbunden träning utvecklas kapillärnätet i musklerna och blir mer omfattande. Fler kapillärer innebär att blodet fördelas på en större yta och därmed sjunker trycket genom

kapillärbädden. Eftersom blodet flyter långsammare så blir utbytet mellan blodet och muskelfibrerna effektivare. Det finns mer tid för koldioxid, mjölksyra och vätejoner att tas upp av blodet. Ett utökat kapillärnät ger en förbättrad bortförel av mjölksyra vilket gör att mjölksyratröskeln höjs (7). Utbyggnaden av kapillärnätet sker över en period av 3-4 månader (2).

Ven

Blodkärlen som för blodet tillbaka till hjärtat, venolerna och venerna, har tunnare väggar än artärerna. Venerna transporterar blodet under lågt tryck och därför finns klaffar som förhindrar att blodet flödar baklänges (3, 9). Arbetande skelettmuskler, andningsrörelser samt muskelkontraktioner i venväggarna hjälper till att pressa blodet framåt i venerna så att blodet så småningom kan tömmas i höger förmak (12).

Blodet

Komposition

Blodet delas upp i celler och blodplasma. Plasman består av vatten, salter, proteiner, socker, hormoner, vitaminer och mineraler (2). Cellerna som ingår i blodet utgörs av röda blodceller (erytrocyter), vita blodceller (leukocyter), blodplättar (trombocyter). Vilken funktion cellerna har i kroppen skiljer sig; erytrocyterna transporterar syre och koldioxid; leukocyterna ingår i kroppen immunförsvar; trombocyterna spelar en viktig roll i blodets koagulationsprocess (10).

Människokroppen består till 6,5-7,5% av blod och motsvarande siffror på häst är 10,0-11,0% för en fullblodshäst och 6,0-7,0 % för en kallblodshäst. Det innebär att en fullblodshäst på 500 kg i normalfallet har en total blodvolym på 50-55 liter (10).

Vid vila ligger ungefär en tredjedel av de röda blodkropparna lagrade i hästens mjälte (6, 7). Under påverkan av adrenalin, som insöndras från binjuremärget, kontraheras mjälten varpå de röda blodkropparna frisätts i blodet. Det sker bland annat vid fysisk ansträngning (7).

Vid regelbunden träning bildas fler röda blodkroppar och blodplasmavolymen ökar. Eftersom mängden röda blodkroppar ökar i proportion med plasman kommer koncentrationen av de röda blodkropparna att vara konstant (7).

Att blodplasmavolymen ökar till följd av träning bekräftas bland annat i en studie gjord av McKeever *et al.* (1987). Där noterades en ökning av plasmavolymen med 29.1% efter två veckors träning. 90% av ökningen skedde under den första träningsveckan och ökningen kvarstod i sex veckor efter att träningsperioden avslutats (7).

Fördelning av blod

När hästen vilar befinner sig ungefär 20% av blodet i lungkretsloppet, ungefär 15% i hjärta, artärer och artrioler och ungefär 60% återfinns i venolerna och venerna (6).

Genom vasodilatation/vasokonstriktion kan det sympatiska nervsystemet omfördela så att en större del av blodet vid fysisk ansträngning går till muskler och hjärta och mindre till bland annat tarmar, njurar och magsäck (6, 9). Den exakta mängden av blod som strömmar till musklerna hos en häst i träning är inte känt (6). Hos en vilande människa går omkring 15-20% av minutvolymen till musklerna medan siffran vid maximal ansträngning stiger till 80-88% (2, 6).

Hästen har vid hårt arbete ett extra sätt att öka blodströmmen och syresättningen av musklerna och det är att minska mängden av blod som går till blodkärlen i huden. Nackdelen med detta är att hästen i normala fall gör sig av med överskottsvärme genom huden och då inte blodet strömmar dit i samma utsträckning riskerar hästen att överhettas (7).

Fältstudie - Är det möjligt att använda monitorering av hjärtfrekvens för att mäta konditionsstatusen hos ridhästar?

Material

Fyra hästar har ingått i studien. Tre av hästarna var av halvblodstyp, varav två stycken var fyraåriga ston och den tredje var en femårig valack. Den fjärde hästen var en femårig New Forestvalack. Alla hästarna var under utbildning och var grundridna samt löshoppade kontinuerligt. Hästarna var uppstallade på platsen för fältstudien och var därför väl bekanta med miljön. För mätningarna har en Polar RS800 med tillhörande sändarbälte, Polar Equine Wearlink® W.I.N.D, används. För god kontakt mellan sändarbältets elektrodytor och huden användes en ultraljudsgel från Ekkomarine Medico A/S, EKO-GEL®. Övrig utrustning inkluderar tidtagarklocka och programvara för PC; Polar ProTrainer 5 Equine Edition.

Utförande

Fältstudien sträckte sig över åtta veckor med en inledande mätning första dagen och en avslutande mätning vid periodens slut. Fältstudien genomfördes i ridhus med mått 20 x 60. Inför studien provades utrustningen på ett flertal hästar för att säkerställa ett bra resultat. Bäst kontakt mellan hud och elektrodytorerna på sändarbältet uppnåddes då pälsen var kortklippt och ultraljudsgel användes.

Följande mätningar av hjärtfrekvensen gjordes, i kronologisk ordning efter hur de utfördes vid varje mätning: puls innan träning (a), puls i arbetstrav under longering (b), återhämtning efter longering (c), puls under löshoppning (d), återhämtning efter löshoppning (e).

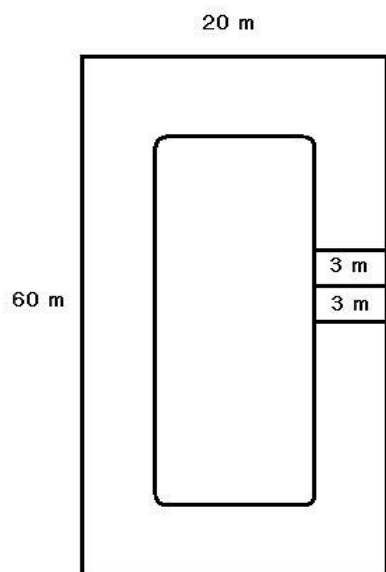
a) Puls innan träning. Mättes med hjälp av pulsklockan innan arbetet påbörjades. I de fall det var möjligt mättes pulsen i boxen, i annat fall i ridhuset. Hästarna fick tid att vänja sig vid sändargjorden och de personer som skulle närvara vid mätningen. Pulsklockan startades och rullade under en minut och snittvärdet som erhöles var det som användes i studien.

b) Puls i arbetstrav under longering. Innan mätningen värmdes hästen upp i både skritt och trav. Uppvärmning innebar skritt tre minuter i vardera varv samt trav tre minuter i vardera varv. Fyraåringarna fick ytterligare en minut i vardera varv i trav för att anpassa sig till utrustning och till de, för hästen, nya personer som närvarade vid mätningen. Under uppvärmningen gjordes en provmätning för att se att det var god kontakt mellan pulsklocka och sändare. Efter uppvärmningen fick hästarna en kort återhämtning i skritt/stillstående. Mätningen började då hästen kommit igång i trav och pågick under fyra minuter. Hästen hölls i trav i konstant hastighet, samma hastighet vid båda mättillfällena. Eventuella problem och tidpunkt för dessa noterades.

c) Återhämtning efter longering. Återhämtningen mättes på stillstående häst under två minuter.

d) Löshoppning.

Innan mätningen påbörjades skedde en framhoppning individuellt anpassad efter hästen. Tillvägagångssättet anteckades noga för att uppvärmningen vid mättillfälle två skulle bli så lik den första som möjligt. Genom att leda hästarna över nerlagda bommar och sedan gradvis öka ansträngningen blev hästarna redo för mätningen.



Figur 4. Hindrenas placering i ridhuset.

Under mätningen hoppade hästarna över tre 50 cm höga krysshinder som stod med 3 meters mellanrum för hästarna, 2,75 meter för ponnyn. Ett så kort avstånd tvingar hästen att hoppa av direkt efter landningen efter första hindret utan några mellanliggande galoppsprång.

Banan var inhägnad för att hästen inte skulle kunna bryta sig ur eller korta av varvet genom att skära i hörnpasseringsarna, figur 5. Hästen drevs inifrån mitten och mätningen pågick under fem varv.

Pulsklockan fästes runt sändargjorden eftersom avståndet mellan personerna i mitten och hästen var för stort för att pulsklockan skulle klara ta emot signaler från sändaren. Klockan startades på stillastående häst på motsatt långsida av hindrerna. Efter att hästen galopperat fem varv saktades den av.

e) Återhämtning. Pulsklockan startades om så fort hästen var infångad. Mättes återigen under två minuter på stillastående häst.

Efter avslutade mätningar fördes insamlad data över till datorn för bearbetning. Mellan de båda mätningarna har hästägarna själva lagt upp sitt träningsprogram. Efter den första mätningen fick hästägarna varsin dagbok där de för var dag skulle skriva in vilken typ av pass hästen gått och även uppskatta hur fysiskt ansträngande träningen varit för hästen.

Resultat

Då en av hästarna var skadad vid den sista mätningen var det inte möjligt att göra en andra mätning på den. Därför redovisas bara tre hästar. För redovisning av graferna gäller att mätning ett är blå och mätning två är svart.

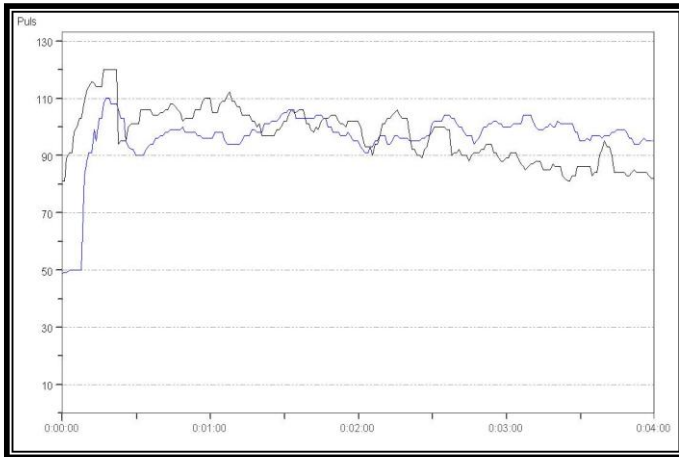
Puls innan träning

Vid andra mättillfället hade en häst lägre puls innan träning, en hade en högre puls och den tredje hade nästa samma som innan. Hästmaterialet är för litet för att kunna dra några paralleller mellan förbättrad kondition och sänkt puls.

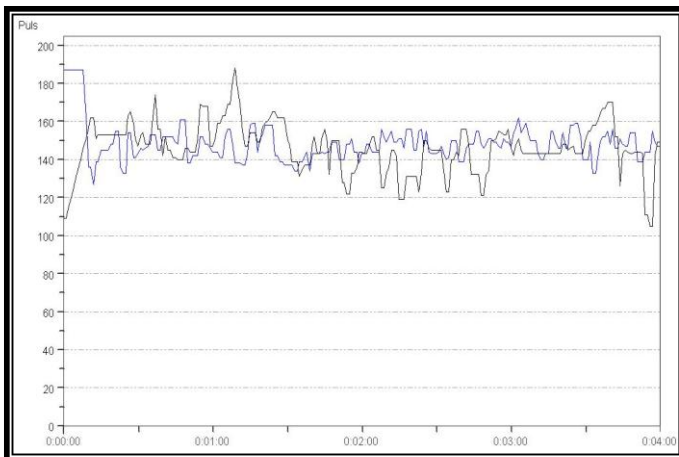
	M1	M2
Häst 1	35	33
Häst 2	141	95
Häst 3	112	130

Tabell 1.1. Puls innan träning, hjärtslag per minut. M1 = mättillfälle 1, M2 = mättillfälle 2.

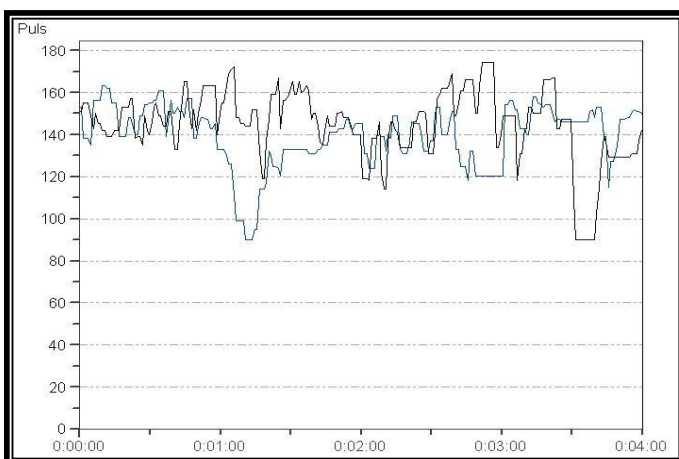
Longering



Häst 1. Snittpulsen för båda tillfällena är 97 slag per minut. Hästen uppvisar en tydlig ”overshoot” vid båda mätillfällena.



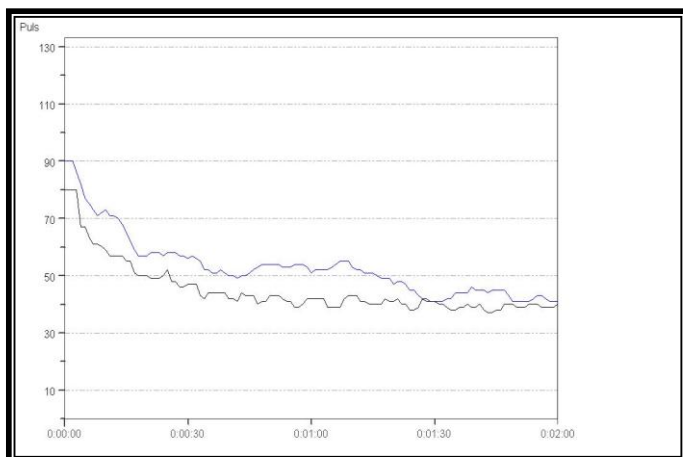
Häst 2. Snittpuls för mätillfälle ett är 148 slag per minut. Vid mätillfälle två är snittpulsen 146 slag per minut.



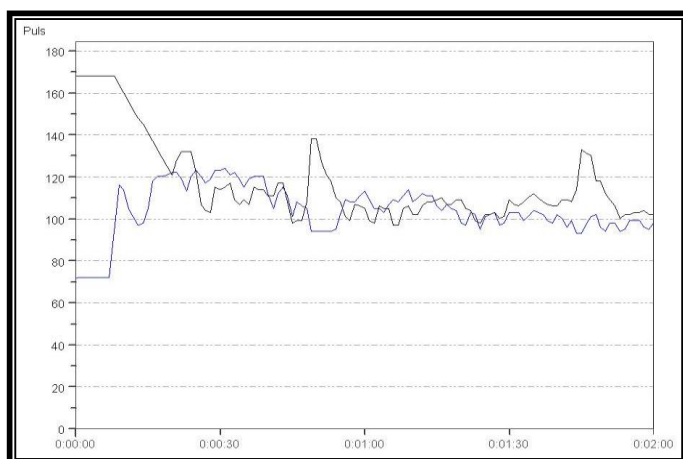
Häst 3. Snittpulsen för longeringen är 140 första mätningen och 143 andra mätningen.

Alla tre hästarna visar likartade pulskurvor vid jämförelse av de båda mätillfällena. Oavsett vad hästarna hade för mätbar puls innan longeringen jämnar den ut sig snabbt och snittpulsen skiljer sig ytterst lite. Det går alltså inte att utläsa någon konditionsförbättring av pulskurvorna.

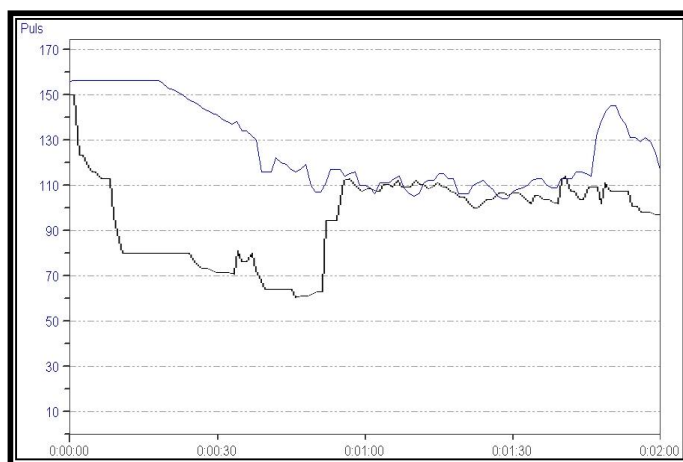
Återhämtning efter longering



Häst 1. Hästen har initialt en snabbare återhämtning vid mättillfälle två, men efter två minuter ligger hjärtfrekvensen på 40 slag per minut i båda fallen.



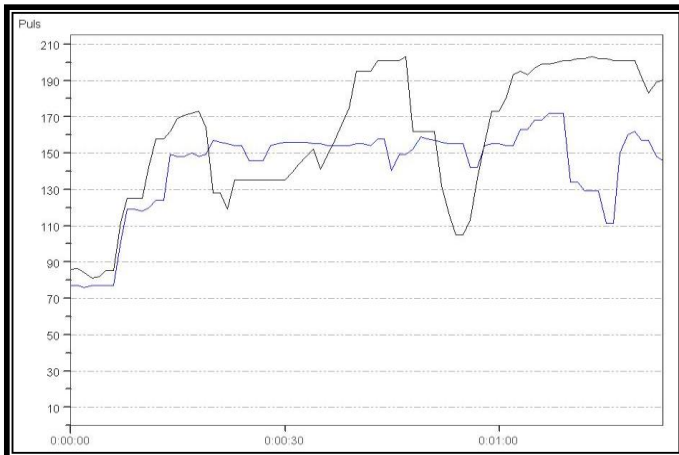
Häst 2. Skillnaden i puls under de första tjugo sekunderna är antagligen ett mätfel orsakat av pulsklockan. Därefter återhämtar sig hästen på ett likvärdigt sätt vid båda mättillfällena. Efter två minuter ses en skillnad på 4 slag per minut.



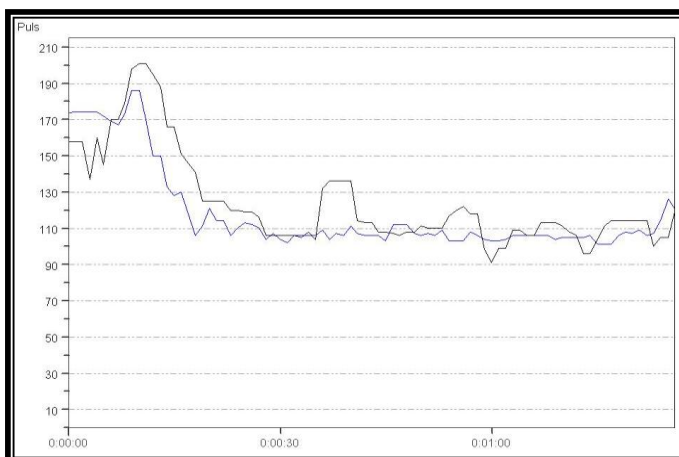
Häst 3. Initialt bättre återhämtning efter longeringen vid andra mätningen. Vid båda tillfällena var pulsen runt 150 slag per minut vid mätningens början. Vid första mättillfället sjönk pulsen till 104 som lägst med ett snitt på 110. Vid andra mätningen sjönk pulsen som lägst till 60 för att sedan lägga sig runt 105 slag per minut.

Det är bara en av hästarna som har en, ur pulskurvan utläsbar, snabbare återhämtning som skulle kunna vara ett tecken på en förbättrad kondition. De andra två hästarna har efter två minuters återhämtning ungefär samma puls vid båda tillfällena.

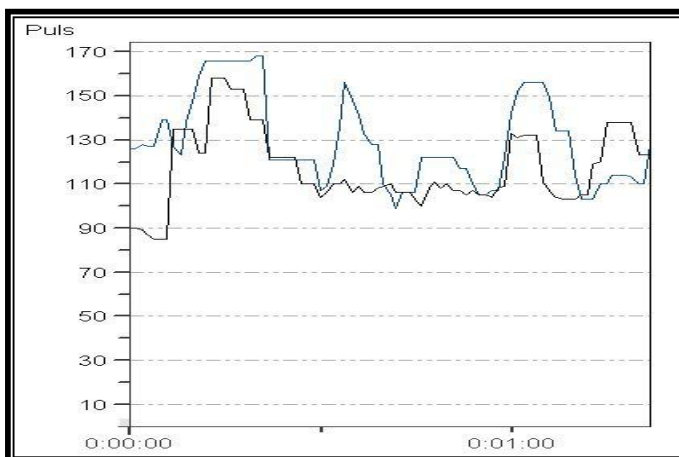
Löshoppning



Häst 1. Hästen har något högre snittpuls under mätning två (158) än mätning ett (143).



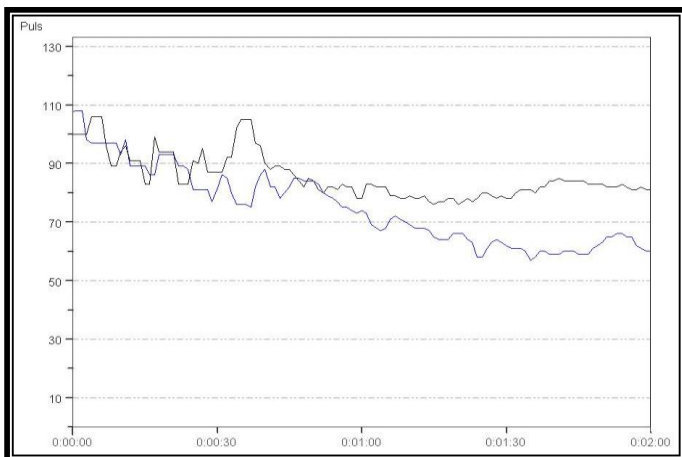
Häst 2. Ligger något högre i puls vid mättillfälle två jämfört medmättillfälle ett. Hästen visar en tydlig "overshoot" i inledningen av löshoppningen.



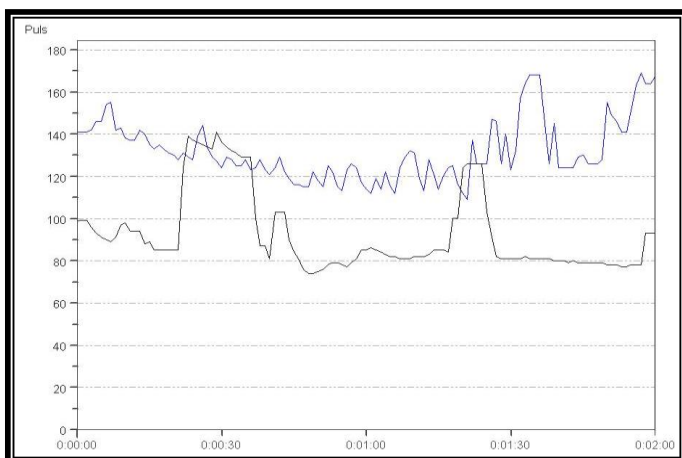
Häst 3. Snittpulsen blev i princip samma vid mätning ett (119 slag per minut) och mätning två (117 slag per minut)

Det går inte att utläsa någon konditionsförbättring ur de tre graferna. Puls kurvorna från löshoppningen skiljer sig från kurvorna från longering på så sätt att de har mindre spetsiga men lättare urskiljbara pulstoppar. Det är inte möjligt att utläsa om pulsstegringen sker före, under eller efter språnget.

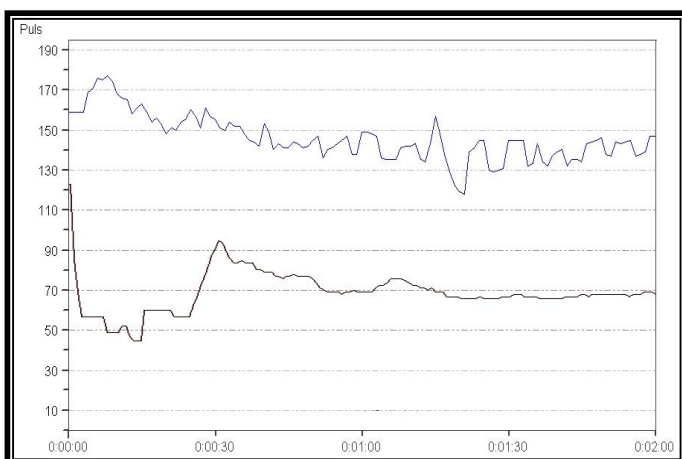
Återhämtning efter löshoppning



Häst 1. Grafen visar på en långsammare återhämtning vid mättillfälle två. Efter två minuter ses en skillnad i puls på ungefär 20 slag per minut.



Häst 2. Återhämtningspulsen är markant lägre under mätning två. Någon jämn återhämtning går inte att se utan graferna vid båda tillfällena visar kraftiga skillnader med pulstoppar under hela återhämtningsperioden.



Häst 3. Vid första mättillfället var pulsen initialt högre än under löshoppningen, 159 slag per minut. Sjönk som lägst till 118 slag per minut, men pendlade i regel runt 134 slag per minut. Vid andra mättillfället låg pulsen initialt på 117 slag per minut, sjönk till 53 slag per minut som lägst men stabiliserade sig sedan på 75 slag per minut.

Två av hästarna visade en markant skillnad på återhämtningspulsen efter löshoppningen vid det andra mättillfället, vilket kan indikera på en förbättrad kondition. En av hästarna var även den som hade en förbättrad återhämtningspuls efter longeringen vilket ytterligare kan styrka detta.

Fältstudie – när är det lämpligast att mäta hästens vilopuls?

Material

Fyra stycken hästar av halvblodstyp, varav tre ston (10, 11 och 17 år gamla) och en valack (16 år gammal) ingick i studien. Ingen av hästarna gick i hård träning under mätperioden men de blev motionerade.

Utförande

I studien mättes den palperbara vilopulsen morgon och kväll under fem på varandra följande dagar. De vanliga morgonrutinerna följdes i den mån det var möjligt med samma person som fodrade, samma tider, och samma turordning. Hästarna fick sitt kraftfoder vid halv åtta och de tilläts äta upp detta i lugn och ro. Alla hästarna i stallet fick en liten tuss hö att tugga på för att inte uppleva stress inför utgång. Därefter mättes pulsen. Mätningen är utförd genom palpering av facialisartären under 15 sekunder.

Resultat

Samtliga fyra individer uppvisade en lägre vilopuls på kvällen.

Häst nr 5 visade en stor variation under morgonmätningarna med en lägsta puls på 32 slag per minut och som mest 52 slag per minut. Motsvarande värden för kvällen var 36 som lägst och 40 som högst. Detta ger ett snittvärde på 48 slag per minut på morgonen och 38 slag per minut på kvällen.

Häst nr 6 visade stabila värden oavsett mättillfälle, då det skilde endast ett slag per minut i snittpuls jämfört morgon ($HF(Snitt)_m$ 30) och kväll ($HF(Snitt)_k$ 29).

Häst nr 7 visade genomgående en högre vilopuls på morgonen ($HF(Snitt)_m$ 43) jämfört med kvällen ($HF(Snitt)_k$ 37).

Häst nr 8 uppvisade vid ett flertal tillfällen samma puls morgon och kväll, dock visar snittpulsen ett morgonvärde på 36 slag per minut och ett kvällsvärde på 33 slag per minut.

	D1m	D1k	D2m	D2k	D3m	D3k	D4m	D4k	D5m	D5k
Häst 5	36	36	52	40	32	40	52	36	52	36
Häst 6	32	28	32	28	28	28	28	32	32	28
Häst 7	44	40	44	36	44	36	40	36	44	36
Häst 8	32	32	40	32	32	32	40	32	36	36

Tabell 2.1 Hjärtfrekvens i slag per minut.

D1m = Dag 1, morgonmätning. D1k =Dag 1, kvällsmätning, D2m = Dag 2, morgonmätning...

Diskussion

Något som tydligt har framgått i studien är att varje häst har sin individuella pulskurva, det vill säga att kurvan följer samma mönster. En del hästar har kurvor med mindre dalar och toppar medan andra hästar uppvisar en stor variation. Vi kunde se klara skillnader på de olika hästarna i hur kurvorna utvecklade sig medan de var mycket lika när vi jämförde samma häst 8 veckor senare. Med det drar vi slutsatsen att det inte går att jämföra olika hästar utan man måste ta stor hänsyn till den enskilda individen och dess förbättring. Humöret för dagen verkade heller inte ha någon större påverkan på arbetspulsen när hästen var igångsatt. I mätningarna förekommer även ”overshoots” vilket återfinns i litteraturen (2, 7).

Underlaget med endast fyra hästar i studien har varit för magert för att vi ska kunna se något tydligt mönster mellan konditionsförbättring och kurvor. På häst nummer tre där vi vet att hästen har tränats mer under mätperioden än innan kan vi också se att återhämtningen går snabbare både efter longeringen och efter löshoppningen. I litteraturen framgår att en snabbare återhämtning tyder på en förbättrad kondition (7). Det är dock svårt att bedöma om hästens snabbare återhämtning beror på en konditionsförbättring eller ren slump då det är den enda hästen vi kan se något sådant på. Då vi inte har tillfredställande uppgifter om träning på de övriga hästarna är det också svårt att bedöma om deras uteblivna förbättring när det gäller återhämtning beror på att de faktiskt inte tränats mer än innan och då inte förbättrat sin kondition eller om det bara inte syns på återhämtningskurvorna. För att kunna ge ett svar på detta skulle det behövas fler hästar, en strikt träningsplan samt kanske fler mätningar under en längre tid.

Under studien har ryttarna fört en dagbok där de själva fått notera dagens träning och om träningen varit lätt, medel eller hård. Dock är det deras personliga uppfattning och det som uppfattas som hård träning av den ena skulle kunna uppfattas som ett medelpass av någon annan. Några av hästarna i studien har haft mer än en ryttare vilket också kan påverka bedömningen.

Det är svårt att bedöma hur mycket vår närvaro påverkade hästarna och därmed deras hjärtfrekvens under studierna. Pulsen varierar inte bara med hur hårt hästen arbetar utan den speglar även hästens mentala tillstånd. En häst som är upphetsad eller rädd får en högre puls. Därför är det troligt att närvaron av okända människor och annorlunda rutiner till viss mån påverkar vilopulsen, pulsen innan träning och återhämtningspulsen. En häst i arbete med en hjärtfrekvens från 120 slag per minut och uppåt påverkas inte särskilt av sinnesstämning eller yttre omgivning (7). Därför är det mindre troligt att hästarna blev påverkade av oss under longeringen och löshoppningen, även om longeringen ligger i gränzonen.

Det visade sig att det inte var helt lätt att undersöka när man bäst mäter hästens vilopuls för att få korrekta värden, precis som litteraturen beskriver (1, 2, 7). Eftersom hästarna är vana att gå ut direkt efter kraftfodret på morgonen kan man anta att pulsen går upp av hästarnas iver inför utevistelsen och kanske även att kraftfodergivan i sig ökar pulsen. På kvällen när pulsen mättes fanns det ju inte någon liknande förväntan eftersom hästarna är vana att stå inne efter högivan under natten. Det är ändå ett intressant fenomen eftersom om en hästägare ska mäta hästens vilopuls för hälsokontroll eller annan anledning bör det tas i beaktande att det inte är ovanligt att pulsen kan vara något förhöjd på morgonen. Det är

alltså viktigt att veta sin egen hästs vanor för att bedöma när under dygnet det är bäst att mäta den normala vilopulsen.

För djursjukskötare skulle pulsmätning kunna vara ett användbart instrument inom rehabilitering om man använder det långsiktigt och på rätt sätt. Det är viktigt att man känner till den individuella hästens normala pulskurva och vilopuls innan man drar någon slutsats och inte jämför olika hästar med varandra.

Sammanfattning

Det finns få studier gjorda på ridhäst där man har tittat på vilopuls, arbetspuls och återhämtningspuls. I det här arbetet har vi tittat närmre på hästens kardiovaskulära system och vilka förändringar som sker i systemet under ett arbetspass och som följd av längre tids träning. Vid en ökad fysisk ansträngning kommer hjärtfrekvensen att öka, hjärtat kommer att slå kraftigare och mer blod kommer att omdirigeras till skelettmusklerna. Vid regelbunden träning sker anpassningar av det kardiovaskulära systemet så som kraftigare hjärtmuskulatur, större cirkulerande blodvolym samt ett utökat kapillärnät runt muskelfibrerna.

Arbetet inkluderar även två fältstudier varav den ena undersöker möjligheten att mäta konditionsförbättring hos häst med hjälp av pulsmätare. Fyra hästar har ingått i studien som har sträckt sig under en period av åtta veckor. Hästarna har vid två tillfällen genomfört ett arbetsprov där hjärtfrekvensen mätts innan träning, under longering, löshoppning och även återhämtning. I denna studien har vi inte kunna konstatera någon sänkning av hjärtfrekvensen vare sig vid vila, longering eller löshoppning som en följd av konditionsförbättring. En av hästarna visar dock en snabbare återhämtning vid den andra mätningen, vilket skulle kunna tyda på en förbättrad kondition.

I den andra fältstudien ingick fyra halvblodshästar. Deras vilopuls mättes morgon och kväll under fem dagar för att se vid vilken tidpunkt hästen hade som lägst puls. Resultatet visade att samtliga hästar hade en lägre hjärtfrekvens på kvällen.

Summary

There are few studies in riding horses where resting heart rate, heart rate during exercise and recovery heart rate is investigated. We have looked closer at the cardiovascular system of the horse and what changes there will be in the system during exercise and after a period of training. At increased physical exertion, the heart rate begins to increase, the heart beats harder and more blood will flow to the skeletal muscles than before. At regular exercise there will be adjustments in the cardiovascular system like more powerful heart muscles, increased circulating blood volume and an extended capillary net around the muscle fibers.

The degree project also includes two field studies one of which investigates the possibility of measuring physical fitness with heart rate measuring instrument. Four horses have been part of the study, which lasted for eight weeks. At two separate occasions the horses took part in a working test where the heart rate was measured before exercise, during trotting in line and free jumping plus recovery. In this study we haven't been able to see any changing for the better in heart rate neither in rest, trotting in line or free jumping as a result of better physical fitness. One of the horses did have a faster recovery at the second measuring, which could indicate a better physical condition.

In the other pilot study there were four horses of half breed types. Their resting pulse were measured in the morning and evening during five days to see at which time it was best to measure, to have the lowest resting pulse. The result was that all the horses had a lower resting pulse in the evening.

Referenslista

1. Björnhag, G., 2000, *Hästens biologi utfodring av avel*, Falköping, Natur och Kultur
2. Clayton, H.M., 1991, *Conditioning Sport Horses*, Canada, Sport Horse Publications
3. Colville, T., Bassert, J. M., 2002, *Clinical anatomy and physiology for veterinary technicians*, United States of the America, Mosby
4. Davies, Z., 2005, *Introduction to Horse Biology*, United Kingdom, Blackwell Publishing Ltd
5. Hodgson D.R., 1994, *The Athletic Horse*, United States of America, W.B Saunders Company
6. Jones, W. E., 1989, *Equine Sports Medicine*, United States of America, Lea & Febiger
7. Marlin, D., Nankervis, K., 2003, *Equine Exercise Physiology*, Great Britain, Blackwell Science Ltd
8. Marr, Celia, 1999, *Cardiology of the Horse*, London, W.B. Saunders.
9. Sand, O., Sjaastad, Ø.V., Haug, E., 2004, *Människans fysiologi*, Stockholm, Liber AB
10. Sand, O., Sjaastad, Ø.V., Hove, K., 2003, *Physiology of Domestic Animals*, Scandinavian Veterinary Press, Oslo
11. Willmore J. H., Costill D.L., 1999, *Physiology of Sport and Exercise*, United States of America, Human Kinetics
12. Nationalencyklopedien, www.ne.se, 2009-04-16