



Kraftfodrets påverkan på återhämtnings- förmågan hos hästar efter träning och transportering

**The impact of concentrate on the recovery in horses after
training and transportation**

av

Madeleine Axelsson

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 354
30 hp E-nivå**

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

Uppsala 2011



Kraftfodrets påverkan på återhämtningsförmågan hos hästar efter träning och transporter

The impact of concentrate on the recovery in horses after training and transportation

av

Madeleine Axelsson

Handledare: Anna Jansson, Inst. för Husdjurens utfodring o. vård

Examinator: Kristina Dahlborn, Inst. för Anatomi, fysiologi o. biokemi

Nyckelord: Hästar, träning, transporter, återhämtningsförmåga, vätskebalans, vätskevolym, grovfoder, kraftfoder, impedans, osmolalitet, TPP, vikt, vattenintyg

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 354
30 hp E-nivå
Kurskod: EX0552**

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

Uppsala 2011

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|---|----|
| SAMMANFATTNING | 4 |
| ABSTRACT | 4 |
| INLEDNING | 5 |
| Bakgrund | 5 |
| Syfte | 5 |
| Hypotes..... | 6 |
| LITTERATURSTUDIE | 6 |
| Fodrets påverkan på miljön i mag- tarmkanalen | 6 |
| Kraftfodrets påverkan på hästens hälsa | 7 |
| Grovfodrets påverkan på hästen | 8 |
| Vätskebalans..... | 9 |
| Vätskebalans och foderintag | 10 |
| Återhämtning..... | 12 |
| Mätning av vatten i kroppen..... | 12 |
| Indikatorutspädningsteknik | 13 |
| Bioelektrisk impedansanalys..... | 13 |
| MATERIAL OCH METOD..... | 15 |
| Djurmaterial | 15 |
| Foder och utfodring | 15 |
| Testdagens utformning | 16 |
| Arbetsstestens utförande | 18 |
| Analyser | 18 |
| Analys av plasmaprover | 18 |
| Statistiska analyser | 19 |
| RESULTAT | 19 |
| Hästarnas kroppsvikt och viktminskning | 19 |
| Vattenintag | 21 |
| Analyser av blodproven | 21 |
| Andningsfrekvens och rektaltemperatur | 27 |
| Hästarnas vätskevolym..... | 28 |
| Impedansen mätt vid 5 kHz och 200 kHz | 31 |
| DISKUSSION..... | 32 |
| SLUTSATS | 37 |
| TACK TILL | 37 |
| REFERENSLISTA..... | 39 |

SAMMANFATTNING

Hästar består av 50-70 % vatten. Vätska försvinner från kroppen hela tiden genom träck, urin och avdunstning genom hud och andning. Vid fysiskt arbete förlorar hästen stora mängder vätska genom aktiv avdunstning i form av svettning. Hästen kan kompensera dessa förluster genom intag av foder, salt och vatten efter det fysiska arbetet men hästen kan även absorbera vätska från tarmen samtidigt som den utför det fysiska arbetet. Vilken typ av foder som hästen har ätit kan påverka absorptionsförmågan under det fysiska arbetet och kan kanske påverka hur lång tid det tar för hästen att återhämta sig till den ursprungliga vätskenivån. Fibermängden i foderstaten påverkar den vattenhållande förmågan i tarmen. Mer fiber i fodret gör att den vattenhållande förmågan är större. I en tidigare studie har det visat sig att hästar som inte har tillgång till foder under några timmar bibehåller plasmavolymen bättre på en foderstat med mycket fibrer i jämfört med en med lite fibrer och mycket stärkelse. Hypotesen för studien var att återhämtningsförmågan efter transport och arbete kan skilja sig beroende på vilken foderstat hästen har ätit och att det kan ta längre tid för de hästar som äter stor andel kraftfoder att komma tillbaka till den ursprungliga kroppsvikten, kroppsvattnet och plasmavolymen. I studien användes sex varmblodiga travvalacker som fick två olika foderstater i 28 dagar i en cross-over studie. En foderstat bestod av stor andel grovfoder (foderstat (F)) och en foderstat bestod av stor andel kraftfoder (foderstat (K)). Dag 28 transporterades hästarna en sträcka på 200 km och fick därefter utföra ett arbetstest på rullmatta. Under testdagen togs blodprover, hästarna vägdes och hästarnas vätskevolym mättes med hjälp av bioelektrisk impedansanalys (BIA). Blodproverna analyserades med avseende på osmolalitet, totala plasmaproteinkoncentrationen (TPP) och hematokrit. Hästarna vägdes och vätskevolymen mättes 3 dagar efter testerna för att se hur lång tid det tog för hästarna att komma tillbaka till ursprunglig kroppsvikt och vätskevolym. Hästarna hade en signifikant högre kroppsvikt både under testdagen och under dagarna efter arbetstesterna efter att ha ätit foderstat (K). Både osmolaliteten och TPP var numeriskt högre efter att hästarna ätit foderstat (K) men skillnaden var endast signifikant ($P < 0,05$) för osmolaliteten. Hästarna kom tillbaka till den ursprungliga nivån av både osmolalitet, TPP och kroppsvikt ungefär lika snabbt oavsett vilken foderstat de ätit. Slutsatsen är att återhämtningen inte skiljde sig nämnvärt efter att hästarna ätit de två olika foderstaterna

ABSTRACT

A horse consists of 50-70 % water. Fluid is lost from the body all the time through feces, urine and evaporation from the skin and breathing. The horse loses a lot of water through evaporation by sweating during physical activity. The horse may compensate for these losses through increased feed, salt and water intake after physical activity but the horse can also absorb fluid from the gastro-intestinal tract while performing the physical activity. What type of feed that the horse has eaten affects the absorptive capacity during the physical activity and may influence how long time it takes for the horse to recover to the initial fluid level. The amount of fibre in the diet affects the water holding capacity of the intestinal tract. More fibre in the diet means that the water-holding capacity is greater. A previous study has shown that horses that do not have access to feed for a few hours maintains the plasma volume better on a diet with large amount of fibre in comparison with one with little fibre and large amount of starch. The hypothesis of this study was that the recovery may be different depending on the diet the horse has eaten, and it may take longer time for horses fed a high concentrate diet to get back to the initial body weight, body water content and plasma volume compared to horses fed a high fibre diet. Six standardbred trotter geldings were fed two diets for 28 days in a cross-over design. One diet consisted of a high proportion of forage (diet (F)) and the other diet consisted of a large proportion of concentrate (diet (C)). On day 28, the horses were

transported for a distance of 200 km and then performed an exercise test on a tread mill. During the test day blood sample was taken, the horses were weighted and the fluid volume was measured using bioelectric impedance analysis (BIA). The blood samples were analyzed for osmolality, total plasma protein concentration (TPP) and hematocrit. The horses were weighted and the fluid volume were measured even the days after the tests to see how long time it took for the horses to recover. The horses had a higher body weight during both the test days and during the day after the tests after eating the diet (C). Both osmolality and TPP was higher after that the horses had eaten diet (C) but the difference was only significant ($p>0,05$) for the osmolality. The recovery of initial plasma osmolality and TPP levels were similar on both diets. The conclusion is that a fibre/forage diet may alter fluid balance regulation but that the recovery did not differ from a concentrate diet.

INLEDNING

Bakgrund

Hästar är gräsätare och vilda hästar spenderar större delen av dygnet med att beta (Boyd & Bandi, 2002). Deras mag- och tarmkanal är utformad för att ta hand om stora mängder grovfoder och har de inte tillgång till bete eller grovfoder ökar risken att utveckla beteendestörningar (Redbo *et al.*, 1998) eller att utveckla andra hälsoproblem som till exempel kolik (Tinker *et al.*, 1997). Många hästar, framförallt högpresterande, utfodras med en liten andel grovfoder och för att tillgodose hästens energibehov får de istället stora mängder kraftfoder (Brøknær *et al.*, 2008; Connysson *et al.*, 2006; Ellis *et al.*, 2002). Energinbehovet ökar i takt med att hästen ska prestera mer och samtidigt minskar grovfoderintaget och kraftfoder täcker upp en allt större del av hästens behov (Ellis *et al.*, 2002). När hästar äter kraftfoder som vanligen är ett mer koncentrerat foder än grovfoder spenderas mindre tid till att äta i jämförelse med om hästen hade betat eller ätit grovfoder. Smältbarheten på foderstaten ökar när mer kraftfoder inkluderas i den (Martin-Rosset & Dulphy, 1987). I en studie gjord av Willard *et al.*, 1977 påvisades att hästar som utfodrades med en grovfoderbaserad foderstat spenderade 40 % av dygnet med att äta och 45 % av dygnet med att stå, medan hästar som utfodrades med en kraftfoderbaserad foderstat endast spenderade 3 % av dygnet med att äta och 62 % av dygnet med att stå.

En stor del (50-70 %) av hästens kroppsvikt består av vatten (Carlson, 1987; Julian *et al.*, 1956). Vatten försvinner hela tiden från kroppen genom urin, träck och avdunstning genom hud och andning. När hästen utför ett fysiskt arbete försvinner en stor del vätska framförallt genom svettning. Denna förlust måste då kompenseras genom att hästen dricker eller äter (Sjaastad *et al.*, 2003). När hästen ska utföra ett fysiskt arbete är det viktigt att hästen har druckit vatten så att den kan absorbera vätska från mag-tarmkanalen samtidigt som den arbetar (Carlson, 1987). Mag-tarmkanalen fungerar som en stor reservoar för både vatten och elektrolyter medan hästen utför ett fysiskt arbete (Carlson, 1987; Meyer, 1987). Vilken typ av foder som hästen har ätit påverkar hur mycket vatten som finns tillgängligt att absorbera från mag-tarmkanalen. Det kan vara bra för de hästar som har stora svettförluster att de äter en foderstat som maximerar vatteninnehållet i det nedbrutna fodret i mag-tarmkanalen (Meyer, 1987). Även studier gjorda av Connysson *et al.* (2010) tyder på att fodret påverkar hur mycket vatten som finns tillgängligt att absorbera från mag-tarmkanalen.

Syfte

Syftet med arbetet var att se om stärkelsrikt kraftfoder påverkar hästarnas återhämtningsförmåga vad gäller kroppsvikt, kroppsvatten och plasmavolym efter träning och transporter. Detta ska ske genom att se om dessa parametrar skiljer sig vid två olika

foderstater, en foderstat med nästan enbart grovfoder och en foderstat med en liten mängd grovfoder utfodrat tillsammans med en stor mängd havrebaserat kraftfoder.

Hypotes

Återhämtningsförmågan skiljer sig på de olika foderstaterna och det tar längre tid för de hästar som ätit stor andel kraftfoder att komma tillbaka till den ursprungliga kroppsvikten, kroppsvattnet och plasmavolymen. Detta kan bero på att de hästar som äter mer grovfoder har mer vatten i tjocktarmen som kan absorberas till blodet än de hästar som äter mindre grovfoder vilket gör att hästarna återhämtar sig snabbare.

LITTERAURSTUDIE

Fodrets påverkan på miljön i mag- tarmkanalen

Hästen är en enkelmagad gräsätare och en grovtarmsjäsare. Mag-tarmkanalen är utformad för att ta hand om och utnyttja stora mängder fiberrikt gräs. Nedbrytningen av fodret startar med en sur hydrolys i magsäcken och fortsätter med en enzymatisk nedbrytning i tunntarmen och sedan en omfattande fermentering i blindtarmen och tjocktarmen. Den övre delen av mag-tarmkanalen liknar en vanlig enkelmagat djurs mag- tarmkanal medan den nedre delen har utvecklats till en enorm blindtarm och grovtarm som är värd för ett stort antal mikrobiella populationer och denna del liknar mer mag-tarmkanalen hos en idisslare. En fördel med detta system är att hästen har möjlighet att utvinna viktiga näringsämnen från fodret där strukturella delar med högre fiberinnehåll som inte kan brytas ner enzymatisk i tunntarmen istället genomgår en omfattande jäsningsprocess i blindtarmen och grovtarmen. Vid jäsningen bildas kortkedjade flyktiga fettsyror (VFA) framförallt ättiksyra, propionsyra och smörsyra. Hur stora delar det är av de olika syrorna som bildas beror på typen av substrat (vilket foder hästen har ätit), den mikrobiella sammansättningen och grovtarmens fysiologiska tillstånd (Al Jassim & Andrews, 2009).

I normala fall spenderar hästen 11 till 17 timmar om dagen med att äta (Duncan, 1980; Sweating *et al.*, 1985; Boyd *et al.*, 1988). I det fria betar de under hela dygnet och i en studie som gjorts på hästar i Camargue har det visats att de hästarna hade ett uppehåll mellan ätperioderna på i genomsnitt 45 minuter och inget av uppehållen varade längre än 3,5 timmar. Studier gjorda på uppstallade hästar visade att även dessa hästar hade lika långa uppehåll mellan ätperioderna om de fick välja själva (Planck & Rundgren, 2003). Detta foderintagsmönster gör att hästen hela tiden har en full magsäck och en kontinuerlig tillförsel av näringsämnen både till hästen själv och till mikroberna i grovtarmen. Det sker även en kontinuerlig buffring från saliven som skyddar magsäcken från skador orsakat av för sur miljö. Eftersom hästen har en förhållandevis liten magsäck i jämförelse med andra djur i samma storlek är det också bra med en kontinuerlig tillförsel av foder eftersom fodret inte kan lagras i magsäcken. Detta ätbeteende är också viktigt för hästens hälsa och för att tillgodose hästens näringsbehov. Mikroberna bidrar till nedbrytningen av fodret och gör att hästen kan utvinna energi ur foderdelar som annars skulle gå förlorad (Al Jassim & Andrews, 2009). Den mikrobiella nedbrytningen är anpassad för intag av bete som har högt fiberinnehåll och lågt energiinnehåll (Daly *et al.*, 2001). Hos hästar som utfodras med gräs eller hö sker fermentering av de strukturella kolhydraterna genom påverkan av mikrobiella enzymer i blindtarmen och grovtarmen som sedan producerar VFA som absorberas snabbt och kan användas som energikälla (Al Jassim & Andrews, 2009).

När hästarna domesticerades och utfodringen ändrades från bete till att äta mer kraftfoder har förutsättningarna för fodernedbrytningen ändrats (Daly *et al.*, 2001). Kraftfodret som ges till hästarna består oftast av spannmål. Spannmål innehåller mycket icke-strukturella kolhydrater,

framförallt stärkelse. Havre är det vanligaste spannmålet som ges till hästar (Vervuert *et al.*, 2003). Havre har lägre energiinnehåll och högre fiberinnehåll än både korn, vete och råg. När intaget av kraftfoder är stort bryts inte all stärkelse ner i tunntarmen utan en viss del går osmält till grovtarmen där den genomgår en snabb jäsning eftersom tillgången på fiber inte är så stor (Daly *et al.*, 2001). All stärkelse kan inte brytas ner i tunntarmen eftersom amylasaktiviteten i mag-tarmkanalen är låg (Kienzle *et al.*, 1994). Vid den snabba jäsningen i grovtarmen ökar VFA och laktatproduktionen. Eftersom laktatproduktionen blir större sänks även pH. Den sura miljön främjar en snabb spridning av mjölksyraproducerande bakterier, detta resulterar i en ökad produktion av mjölksyra och en ytterligare sänkning av pH (Daly *et al.*, 2001).

Kraftfodrets påverkan på hästens hälsa

Att utfodra hästar med kraftfoder, stärkelsrika foder eller liten andel grovfoder kan medföra att hästarna drabbas av olika störningar (Julliand *et al.*, 2001; Tinker *et al.*, 1997; MacLeay *et al.* 1999; MacLeay *et al.*, 2000). I en studie gjord av Julliand *et al.* (2001) på fistulerade ponnyer som åt tre olika foderstater med olika andelar korn och hö visades att en högre andel korn i foderstaten påverkade fibernedbrytningen negativt och det mikrobiella ekosystemet stördes. Koncentrationen av totala antalet bakterier i tjocktarmen var högre framförallt av amylolytiska bakterier medan andelen cellulolytiska bakterier var lägre med foderstaten med högre andel korn. När andelen korn ökade i foderstaten ökade även koncentrationen av laktatutnyttjande bakterier, laktobaciller och streptococci i tjocktarmen. Dessa förändringar i bakteriefloran var förknippade med en minskning i tarmens pH och förhållandet mellan acetat, butyrat och propionat förändrades och koncentrationen av laktat ökade. Laktatkoncentrationen var tio gånger större efter att ponnyerna ätit foderstaten med 50 % korn och 50 % hö i jämförelse med foderstaten som innehöll 100 % hö.

Enligt en studie gjord av Tinker *et al.* (1997) ökade risken för kolik med fem gånger om hästarna utfodrades med 2,5-5 kg kraftfoder per dag och med 6 gånger om hästarna utfodrades med mer än 5 kg kraftfoder per dag i jämförelse med hästar som utfodrades med enbart grovfoder. Höga givor med kraftfoder har även kopplats samman med rhabdomyolys eller korsförslamning. I en studie gjord på galopphästar visades att när hästarna gavs kraftfodergivor som var större än 4,5 kg per dag ökade risken för korsförslamning (MacLeay, *et al.*, 1999). I en annan studie gjord av MacLeay *et al.* (2000) där de undersökte kreatinkinas-aktiviteten i plasman när kraftfodergivan var olika stor resulterade en mindre mängd kraftfoder på 2.5 kg jämfört med en kraftfodergiva på 4.6 kg i en lägre plasmakreatinkinasaktivitet vid vila. Aktiviteten av kreatinkinas är en bra markör för att kunna se muskelskador vilket tyder på att högre kraftfodergivor ökar risken för muskelproblem hos hästar.

Hästar som äter mycket kraftfoder och en liten mängd grovfoder spenderar mer tid med att äta trä och träck i jämförelse med hästar som äter mycket grovfoder (Willard *et al.*, 1977). Att hästen äter trä kan bero på att hästen har brist på fiber vilket tyder på att fiberinnehållet i foderstaten är för lågt (Krzak *et al.*, 1991). Hos tävlande trav- och galopphästar ökar risken för stereotypier när mängden kraftfoder ökar i foderstaten (Redbo *et al.*, 1998). Frekvensen av krubbitning har setts vara större efter att hästen ätit kraftfoder i jämförelse med när hästen ätit grovfoder (Kusunose, 1992).

Oavsett vilken typ av foderstat som väljs till hästen bör den innehålla en tillräckligt stor andel grovfoder för att funktionen på mag- och tarmkanalen ska fungera och även upprätthålla hästens välfärd eftersom hästen i första hand är en gräsätare. Minimirekommendationen för grovfoder är minst ett kg torrs substans per 100 kg kroppsvikt eller 1 % av kroppsvikten (Jansson *et al.*, 2004). Till högpresterande hästar som behöver en foderstat med mycket energi

kan även andra energikällor än stärkelsesrika fodermedel användas, till exempel kan det tillsättas en liten andel fett eller så kan man använda ett grovfoder med högre kvalitet vad gäller energi (Julliand *et al.*, 2001).

Grovfodrets påverkan på hästen

När hästen utfodras med en foderstat med låg andel grovfoder kommer hästen ha en lägre kroppsvikt än om den utfodras med en foderstat med hög andel grovfoder (Carroll & Huntington, 1988). Det beror antagligen på att när hästen äter mycket grovfoder ökar mag-tarmkanalens vikt och därmed även den totala kroppsvikten eftersom smältbarheten vanligen är lägre på grovfodret och hästen måste äta mycket mer foder för att tillgodose sitt behov än när den äter kraftfoder. När smältbarheten är lägre bryts inte allt foder ner och det blir mer ”dödvikt” av fodret. När fiberintaget är större ökar den vattenhållande förmågan av mag-tarmkanalens innehåll (Ellis *et al.*, 2002). Genom att öka intaget av grovfoder och då framförallt av hö ger det även en ökning av dricksvattenintaget och det leder till att det blir mer vatten i mag-tarmkanalen och därmed ytterligare ökning av kroppsvikten. Om hästarna äter ensilage får de i sig en större del av vattnet genom fodret eftersom ensilage har en lägre torrsubstanshalt (TS-halt) (Danielsen *et al.*, 1995; Meyer, 1987). Det ökade vattenintaget efter att hästarna ätit stor andel grovfoder kan också bero på att värmeproduktionen är högre än när hästarna äter stor andel kraftfoder. Den ökade värmeproduktionen leder till en större avdunstning och hästarna behöver dricka mer (Muhonen *et al.*, 2009). Det har tidigare trots att genom att fodra hästar med låg andel grovfoder skulle det ha en positiv effekt på hästens prestation. Den positiva effekten på prestationen kan bero på att mag-tarmkanalen inte är lika fylld vad gäller både vätska och foder eftersom kraftfodret tar mindre plats i mag-tarmkanalen och tillbringar kortare tid där än vad grovfoder gör. Grovfodret binder även mer vätska till sig än vad kraftfodret gör. Mag-tarmkanalen blir då tyngre och det kan vara jobbigare för hästen att arbeta när den är mer fylld (Danielsen *et al.*, 1995; Meyer, 1987).

I en studie gjord av Ellis *et al.* (2002) där de studerade grovfodrets effekt på kroppsvikt och prestation kunde de se att genom ett större intag av grovfoder ökade den totala kroppsvikten (Daly *et al.*, 2001). Ökningen berodde antagligen på en ökning av torrsubstansintag, och att passagehastigheten av digestan minskades. De såg att när en större andel grovfoder användes i foderstaten för att upprätthålla hästens behov behövdes en större mängd foder än om behovet tillgodosågs genom kraftfoder istället och den större mängden ökade mag-tarmkanalens vikt och därmed den totala kroppsvikten. Smältbarheten på grovfoder var lägre än vad den var på kraftfoder och i och med det behövde hästen äta mer grovfoder än kraftfoder för att tillgodose sitt näringsbehov. Även ett ökat vattenintag och högre puls vid arbete kunde ses vid större intag av grovfoder (Ellis *et al.*, 2002). Det ökande vattenintaget berodde antagligen på ett ökat torrsubstansintag och det medför ett ökat behov av saliv och digestionsvätska (Pagan & Harris, 1999). När hästen äter en fiberrik foderstat ökar den vattenhållande kapaciteten av digestan och denna kapacitet tillsammans med en större salivproduktion och sekretion av magsafter leder till en temporär ökning av hematokrit och den totala plasma proteinkoncentrationen (Pagan & Harris, 1999). Detta i sin tur stimulerar törstmekanismen och leder till ett ökat vattenintag hos hästar som äter stor andel grovfoder (Ellis *et al.*, 2002). Det finns studier som tyder på att plasmavolymen blir större vid intag av stor andel grovfoder och det eftersom den totala plasmaproteinkoncentrationen går ner. Det kan bero på att fibrerna bildar en vätskereserv i tarmen och då kan vätska dras från tarmen till bland annat blodet vilket bidrar till en större plasmavolym och därmed en lägre total plasmaproteinkoncentration (Connysson *et al.*, 2010). Den totala kroppsvikten ökar också eftersom passagehastigheten är långsammare vid intag av grovfoder i jämförelse med kraftfoder. Eftersom passagehastigheten är långsammare blir mag-tarmkanalen mer fylld och det leder till att hästar

blir tyngre på en foderstat med bara grovfoder i jämförelse med en foderstat som är mixad av både grovfoder och kraftfoder (Ellis *et al.*, 2002). Passagehastigheten av olika fodermedel har studerats hos stutar och den varierar beroende på fodrets partikelstorlek, foderkvaliteten och tiden det tar att äta fodret (Poore *et al.*, 1990).

Genom att använda ett grovfoder som är tidigt skördat och med hög fibersmältbarhet och energiinnehåll kan en stor andel grovfoder användas utan att hästen får en mycket högre kroppsvikt. Kroppsvikten ökar mindre eftersom detta grovfoder är mer koncentrerat, hästen behöver då inte äta lika stor mängd grovfoder som när de äter ett grovfoder med lågt energiinnehåll och högt fiberinnehåll för att täcka sina behov (Connysson *et al.*, 2010).

En högre kroppsvikt kan också ha negativa effekter på hästens prestation. En ökad kroppsvikt till följd av ökat tarminnehåll och vattenintag kan ha en ofördelaktig påverkan på en presterande häst, omfattningen av effekten beror på under hur lång tid och i vilken intensitet som träningen utförs. Enligt studien gjord av Ellis *et al.* (2002) ökade både hästens vilopuls och puls vid arbete när grovfoderintaget ökade. När hästens kroppsvikt ökar behöver dessutom musklerna mer energi för att dess rörelser ska kunna utföras, det i sin tur leder till en ökning i hjärtfrekvens. De hästar i studien som åt stor andel grovfoder hade även en högre rektaltemperatur efter att det utfört testet. Den högre temperaturen kan vara jobbig för hästen eftersom att det är mer värme som måste avges under tiden de presterar (Kronfeld, 1996). Ökningen i temperaturen kan bero på det tyngre arbetet som krävs för att förflytta den större kroppsvikten som blir vid högre andel grovfoder i foderstaten (Ellis *et al.*, 2002).

Vätskebalans

Av hästens kroppsvikt består 50-70 % av vatten eller 250-350 kg hos en häst som väger 500 kg (Carlson, 1987; Julian *et al.*, 1956). Ungefär två tredjedelar av vätskan finns inne i cellerna och kallas för den intracellulära vätskevolymen (Sjaastad *et al.*, 2003). Vätskan som finns utanför cellerna kallas för den extracellulära vätskevolymen och den kan delas in i plasmavolym, interstitiell vätskevolym (vätska som finns i mellanrum), lymfa och den transcellulära vätskevolymen (sekret i kroppens hålrum) som även innehåller vätskan som finns i mag- och tarmkanalen (Carlson *et al.*, 1979). Vatten är involverad i de flesta kemiska processer i kroppen och är därmed livsnödvändigt. Vatten försvinner hela tiden från kroppen genom urin, träck och avdunstning genom hud och andning. Dessa förluster måste kompenseras genom foder- och vattenintag. Törst och arginin-vasopressin (AVP) stimuleras av en ökning i plasmaosmolalitet eller egentligen en ökning i natriumkoncentrationen i plasman och hypovolemi (minskad blodvolym) (Andersson, 1971,1978).

Vatten- och jonbalansen i kroppen regleras av utsöndringen av AVP som är ett antidiuretiskt hormon och därför även kallas ADH. Hormonet bildas i hypotalamus och utsöndras från hypofysens baklob och det reglerar vattenabsorptionen i njurarna. Hormonet har antidiuretisk effekt eftersom urinen som bildas är mer koncentrerad genom att genomsläppligheten för vatten ökar i de distala delarna av njurtubuli och samlingsrören (Sjaastad *et al.*, 2003). Den viktigaste katjonen i den extracellulära vätskevolymen är natrium, och natriuminnehållet i den extracellulära vätskevolymen har stor betydelse för upprätthållandet av den totala extracellulära volymen. Den viktigaste katjonen i den intracellulära vätskan är kalium (Sjaastad *et al.*, 2003). Aldosteron är ett steroidhormon som bildas i binjurebarken och har sitt målorgan i njurarna, men även i tarmkanalen. Aldosteron ser till att natrium hålls kvar i kroppen och att kalium utsöndras från kroppen. Aldosteron arbetar även tillsammans med vasopressin för att behålla kroppsvatten. Aldosteronkoncentrationen ökar vid träning och frisättningen av aldosteron stimuleras bland annat av en minskning av natriumkoncentrationen i plasman och ökande kaliumkoncentrationer (Hower *et al.*, 1995) Även angiotensin II

stimulerar produktion av aldosteron (Andersson, 1971). Aldosteron reglerar reabsorptionen av natrium i njurarna och absorptionen av natrium i matsmältningskanalen.

Det totala innehållet av vatten och elektrolyter (framförallt natrium) som finns i kroppen påverkar förhållandet i sammansättningen av de olika kroppsvätskorna. Efter att hästen har druckit ökar det totala kroppsvattnet och den extracellulära vätskan kommer bli mer utspädd och urinproduktionen ökar. Vid uttorkning när hästen inte haft tillgång till vatten minskar volymen av både den extracellulära- och intracellulära vätskan och koncentrationen av elektrolyter kommer att öka. När natriumhalten i plasman är hög inhiberas utsöndringen av aldosteron och istället stimuleras arginin-vasopressin utsöndringen och vattenintaget ökar och det extra natriumet utsöndras genom njurarna. Beroende på hur hög natriumhalten är och hur tillgängligheten på vatten är kommer vätska dras från den intracellulära vätskan och kommer orsaka en cellulär uttorkning. Medan vid en sänkning av natriumhalten i den extracellulära vätskan kommer vatten dras från den extracellulära vätskan till den intracellulära vätskan och det kommer medföra en sänkning av plasmavolymen (Jansson, 1999).

Under träning utsätts kroppen för en stor påfrestning på både hjärt-kärlsystemet och reglering av vätskebalansen (McKeever & Hichcliff, 1995). En häst kan förlora upp till 10-15 liter vätska per timme och dessa förluster måste kompenseras genom att hästen dricker mer eller att urinen koncentreras och mindre vätska går ut ur kroppen (Carlson, 1987). Om förlusterna inte ersätts kommer hästen snart visa tecken på uttorkning som till exempel minskning av mag- och tarmljud, en högre hjärtfrekvens och förlängd kapillär återfyllnads tid (Nyman, 2001). När hästen svettas förlorar den både vatten och elektrolyter. Hästens svett är hyper- eller isoton (McCutcheon *et al.*, 1995) vilket betyder att den har samma eller högre koncentration av salt i jämförelse med vad plasman har. Det är därför inte säkert att en ökning av plasmaosmolaliteten eller natriumkoncentrationen i plasman sker och därför kanske inte törsten stimuleras förrän en viss grad av hypovolemi har utvecklats (Nyman, 2001). Hormoner som frisätts hos hästen i samband med träning är arginin-vasopressin (AVP), atrial natriuretisk peptid (ANP) och angiotensin II. Dessa hjälper till att reglera blodtrycket, plasmavolymen och vätskebalansen. Arginin-vasopressin och angiotensin II kan ha en blodtryckshöjande effekt eftersom den orsakar en vasokonstriktion medan ANP kan ha en blodtryckssänkande effekt (McKeever & Hichcliff, 1995).

En häst i vila som har fri tillgång till vatten kommer dricka tillräckligt med vatten för att upprätthålla sin vätskebalans. Om hästen utför ett fysiskt arbete eller transporteras kommer vätskebalansen vara svårare att upprätthålla. Vattenintaget är bara en del av balansen eftersom de faktorer som påverkar vattenintaget oftast är direkt knutna till vätskeförlusterna (Fonnesbeck, 1968).

Vätskebalans och foderintag

Hästar som är uppstallade får större del av sitt vattenbehov tillfredsställt genom att dricka vatten i jämförelse med hästar som går på bete som täcker en stor del av sitt vattenbehov genom att äta gräs eftersom gräs innehåller 70-80 % vatten (Planck & Rundgren, 2003). De uppstallade hästarna får oftast foder som är torrare än vad vanligt gräs är (Fonnesbeck, 1968).

Hästen absorberar vätska från mag-tarmkanalen samtidigt som den utför ett fysiskt arbete. För att detta ska kunna ske är det viktigt att den fått i sig tillräckligt med vätska innan arbetet (Carlson, 1987). Mag-tarmkanalen fungerar som en stor reservoar för både vatten och elektrolyter medan hästen utför ett fysiskt arbete (Carlson, 1987; Meyer, 1987). Foderstatens sammansättning påverkar hur mycket vatten som finns tillgängligt att absorbera från mag-tarmkanalen. Det kan vara bra för de hästar som har stora svettförluster att de äter en foderstat

som maximerar vatteninnehållet i det nedbrutna fodret i mag-tarmkanalen (Meyer, 1987). Enligt en studie gjord av Fannesbeck (1968) var vattenintaget nära relaterat till torrsubstansintaget genom att mer vatten konsumerades när en foderstat med högre fiberinnehåll (som gör den mindre lättsmält) användes. I en studie gjord av Cymbaluk (1989) kom de fram till att vattenkonsumtionen var högre när hästar hade ätit foderstater med hö jämfört med pelleterade foderstater som innehöll minst 55 % spannmål. I en studie gjord av Muhonen *et al.* (2009) kom de fram till att när hästarna åt hö drack de mer vatten än när de åt ensilage eftersom de får i sig mindre vatten genom fodret när de äter hö. Det totala vattenintaget var dock högre på ensilagefoderstaten än höfoderstaten. Den totala vattenavgången genom träck och urin var lika stor på de två foderstaterna. En förklaring till detta skulle kunna vara att mer vatten försvinner genom avdunstning på grund av högre värmeproduktion när hästar äter en ensilagefoderstat. Liknande resultat fick även Danielsen *et al.* (1995) fram där de undersökte om foderstatens sammansättning påverkade förmågan att kompensera för vätske- och elektrolytförluster under fysiskt arbete. De kom fram till att hästarna åt mer foder totalt och drack mer vatten när de fick en foderstat som var baserad på hö i jämförelse med en foderstat där grovfodret var begränsat. Om den extra mängden vatten som hästarna fick i sig i och med att de åt den höbaserade foderstaten var tillgängligt från mag-tarmkanalen under träning kan det ersätta vätskeförlusterna i svetten. Därmed förhindras eller minimeras ökningen i totala plasmaproteinkoncentrationen som sker vid uttorkning. Enligt resultaten i studien kunde inte några skillnader i plasmaproteinkoncentrationen ses och därmed har kanske inte foderstaten någon möjlighet att påverka förmågan för hästen att upprätthålla vätskebalansen. Det kan bero på att foderstater med hög andel fibrer ökar vatteninnehållet i mag-tarmkanalen men vattnets tillgänglighet sänks i och med att de hydrofila polysackariderna i fibrerna binder till vattnet (Cuddeford *et al.*, 1992). I studien gjord av Danielsen *et al.* (1995) genomfördes ett test till med tuffare förutsättningar där hästarna utförde ett arbetstest som bestod av fyra 30 minuters perioder. Varje omgång bestod av fem minuters skritt vid 2 m/s, tio minuter vid 8,5 m/s, fem minuters skritt vid 2 m/s och tio minuter vid 8,5 m/s det var ingen lutning på rullmattan. Mellan varje testomgång hade hästarna en skrittvila på tio minuter. Den sammanlagda tiden för arbetstesten var därför två timmar och 30 minuter långt. Det tuffare testet ledde till en större förlust av kroppsvikt. I detta test kunde det ses en skillnad i plasmaproteinkoncentrationen vid de olika foderstaterna. Den lägre plasmaproteinkoncentrationen vid den höbaserade foderstaten kan tyda på större vattenrörelser från mag-tarmkanalen till plasmavolymen vilket leder till en förbättrad förmåga att upprätthålla vätskebalansen under fysiskt arbete (Blaxter, 1989). En lägre plasmaproteinkoncentration tyder på att plasmavolymen är högre (Connysson *et al.*, 2010).

Det högre vattenintaget som sker i och med det högre fiberinnehållet i fodret kan ha att göra med en ökning i kroppstemperatur på grund av fermentation som leder till mer vätskeförluster genom avdunstning. Att tugga, svälja och utsöndra saliv påverkar värmeproduktionen i hästen under foderutnyttjandet (Blaxter, 1989). Tuggrörelserna per kg foder är klart högre hos hästar som ätit hö i jämförelse med hästar som har ätit havre (Meyer, 1983).

Temperaturen på vattnet som hästarna dricker kan påverka hästen. I en studie gjord av Cunningham *et al.* (1964) på icke lakterande mjölkkor där vatten av olika temperaturer gavs till korna påverkade temperaturen på vattnet korna till viss del. När vatten av temperaturen 1,1 °C gavs sänktes temperaturen i den nedre delen av våmmen från ungefär 40 °C till ungefär 25 °C medan i den mellersta delen av våmmen sänktes temperaturen från ungefär 40 °C till ungefär 35 °C. I den övre delen av våmmen skedde inte någon sänkning av temperaturen. Sänkningen av temperaturen i våmmen berodde dels på vilken temperatur vattnet hade som korna drack och hur mycket vatten den drack. Temperaturen på vattnet påverkade också hur mycket vatten korna drack. De drack en signifikant mindre mängd vatten när den hade

temperaturen 1°C i jämförelse när vattnet hade temperaturen 13,9 °C, 26,7 °C eller 39,4 °C. I en studie gjord av Brod *et al.* (1982) på får kom de fram till liknande resultat att när fåren gavs vatten med temperaturen 1 °C sänktes temperaturen i våmmen som mest i jämförelse med när vattnet var 10, 20 eller 30 °C.

Återhämtning

Återställande av vatten och salter som förlorats genom svett vid träning är viktigt för att hästen ska kunna fortsätta att utföra ett arbete och för att förebygga kliniska problem som kan uppkomma under återhämtningsperioden. När hästen svettas förlorar den både vatten och salter och uttorkning som uppkommit på grund av fysiskt arbete resulterar i en mindre ökning av plasmaosmolalitet och natriumkoncentration än om uttorkning skett på grund av att hästen inte haft tillgång till vatten. Det beror på att svetten innehåller salter som då går ut ur kroppen i jämförelse med när hästen inte fått tillräckligt mycket vatten då hästen inte förlorar några salter. Det kan vara svårt att återställa vätskeförlusterna även om hästen har fri tillgång till vatten under de första timmarna av återhämtningen (Butudom *et al.*, 2004). I och med att det blir obalans i salterna i kroppen när hästen svettas stora mängder kan det även bli störningar i muskelfunktionerna och syra-basbalansen (Carlson, 1979). Återställningen av vätska och kroppsvikt efter fysisk aktivitet går mycket snabbare och blir mer fullständig om hästen får vätskeersättningslösningar som innehåller elektrolyter istället för om de bara får tillgång till vanligt vatten. Om hästen får en saltlösning med 0,9 % NaCl mildras vätskeförlusterna genom att stimulera ett högre vattenintag (Nyman *et al.*, 1996) men elektrolyttillförseln hindrar inte uttorkningen från fysisk aktivitet helt och hållet (Butudom *et al.*, 2003). När hästen endast får vatten som är en hypoton lösning kan törsten hämmas eftersom plasman späds ut och natriumkoncentrationen minskar. Det kan leda till en ökad urinutsöndring och därmed kan även återhämtningstiden efter fysiskt arbete förlängas (Nyman *et al.*, 1996).

I en studie gjord av Waller *et al.* (2009) har de gett en hypoton saltlösning till travhästar direkt efter ett långt träningspass innan foder gavs för att se effekter på skelett, muskelglykogen och saltinnehåll i hästarna. Elektrolytlösningen gavs direkt efter träningen för att få en förbättrad återhämtning av vätska och saltbalans och även för att det skulle finnas tillräckligt med vatten och K⁺ tillgängligt för återskapande av glykogenförrådet. Hur mycket saltlösning som gavs berodde på hur mycket hästen hade svettats under träningen. Efter att hästarna hade fått saltlösningen fick de foder i form av hö och havre och detta resulterade i en ökad resyntes av muskelglykogenet under återhämtningsperioden i jämförelse med kontrollgruppen som inte hade fått elektrolytlösningen. Dessutom resulterade tillskottet av saltlösningen i en snabbare återhämtning av plasmans vätskestatus jämfört med kontrollgruppen och detta kunde ses genom snabbare återhämtning av plasmaproteinkoncentration och av osmolaliteten i plasman.

Förändringar i kroppsvikten kan användas som en indikator för återhämtning. Enligt en studie gjord av Hyyppä, (2005) kunde en minskning i kroppsvikt efter en modifierad tredagars distansritt kopplas samman med en försämrad prestation och en ofullständig återhämtning.

Mätning av vatten i kroppen

Uttorkning kan uppkomma om hästen har utfört en krävande prestation, om den har transporterats en längre sträcka utan tillgång till vatten eller varit utan vatten under en längre period. I dessa situationer kan det vara bra att snabbt kunna mäta hästens vätskestatus och kroppsvikt, till exempel om hästen ska prestera efter en lång transport eller för att veta hästens hälsostatus vad gäller vätska. Mätningen av kroppsvatten kan också vara bra att göra om hästen är eller har varit sjuk och är då av mer klinisk betydelse. Vattenmängden kan även mätas i forskningssyfte, vid forskning är resurserna och tillgången på material större och det

finns mer tid att göra avancerade undersökningar (Forro *et al.*, 2000). För att mäta hur mycket vatten som finns i kroppen kan olika metoder användas.

Indikatorutspädningsteknik

Indikatorutspädningsteknik har tidigare använts för att skatta den extracellulära vätskevolymen, det totala kroppsvattnet och plasmavolymen. Tre olika indikatorlösningar injiceras i hästen för att få fram de tre volymerna. Deuteriumoxidlösning (D_2O) har använts för att få fram totala kroppsvätskevolymen, natriumtiocyanat ($NaSCN$) för att få fram extracellulära vätskevolymen och Evans Blue indikatorlösning för att få fram plasmavolymen (Forro *et al.*, 2000). För att skatta den totala kroppsvätskevolymen användes tidigare tritiummärkt vatten eller antipyrin, men dessa tekniker var väldigt besvärliga och hästarna och människorna utsattes för β -strålning. D_2O är en icke radioaktiv isotop till vatten så kallat tungt vatten. D_2O kan ges oralt eller intravenöst och de behövs bara små volymer och är då ofarlig. Koncentrationen av D_2O i plasman mäts genom zink reduktion vid 490 C° där deuterium gas bildas. Deuteriumgasen som bildas kan mätas med hjälp av en isotopkvotmasspektrometer. Det totala kroppsvattnet kan sedan räknas ut genom att använda en speciell ekvation (Andrews *et al.*, 1997). Volymen på utspädningen av tiocyanat (SCN) eller SCN utrymmet kan användas för att mäta den extracellulära vätskevolymen. Innan lösningen injiceras tas ett blodprov. $NaSCN$ -lösningen injiceras under en period på tre till fem minuter med en dos på 20 mg/kg kroppsvikt. Ett flertal venösa blodprov togs tre, fyra och fem timmar efter injiceringen av $NaSCN$ lösningen. Koncentrationen av SCN i plasman bestämdes spektrofotometriskt. Plasmaproverna jämfördes med två standardlösningar med $NaSCN$. Därefter kunde volymen på SCN utrymmet räknas ut med hjälp av en ekvation (Carlson *et al.*, 1979). Evans Blue indikatorlösning används eftersom Evans Blue binder till albuminerna i plasman. Innan lösningen injiceras tas ett blodprov för att fungera som en kontroll. En känd mängd av lösningen injiceras i jugularvenen och den får sedan cirkulera i blodsystemet i ungefär 15 minuter innan ett blodprov tas på motsatt sidas jugularven. Blodprovet centrifugeras för att få ut plasman som sedan analyseras på absorbanzen med hjälp av en spektrofotometer. Plasmavolymen kan sedan räknas ut med hjälp av utspädningar av proven. Det är viktigt att få bort orenheter i provet eftersom det kan påverka resultatet (McKeever *et al.*, 1988). Genom att ta skillnaden mellan den totala vätskevolymen och den extracellulära vätskevolymen kunde även den intracellulära vätskevolymen räknas ut. Den här metoden är tidskrävande, dyr och innehåller många olika steg som måste upprepas för att se förändringen av vattnet i kroppen under en viss tid. Den är även invasiv eftersom en kateter måste sättas in i halsen och sys fast (Forro *et al.*, 2000). Dessutom är det svårt att tillämpa denna metod utan att ha ett laboratorium tillgängligt. Andra sätt för att mäta hästens vätskestatus är att göra en fysisk undersökning genom att nypa hästen i huden på halsen för att se hur lång tid huden stannar kvar i det läget efter att taget släppts eller att kolla på färgen på tandkötet. Med de två sistnämnda metoderna är det dock svårt att mäta graden av uttorkning utan resultaten indikerar bara om hästen kan vara uttorkad (Latman *et al.*, 2010) Uttorkning kan även mätas genom att mäta osmolaliteten i plasman då får man inte bara reda på att hästen är uttorkad utan även i vilken grad (Butudom *et al.*, 2004).

Bioelektrisk impedansanalys

Bioelektrisk impedansanalys (BIA) är en relativt enkel, snabb och icke invasiv metod som kan användas för att få fram mängden vätska som finns i kroppen (Fielding *et al.*, 2004; Latman *et al.*, 2010; Sergi *et al.*, 1994; Waller & Lindinger, 2006). Impedans är ett frekvensberoende motstånd för växelström. Impedans består av två vektorer, motstånd och reaktans (Chumlea & Guo, 1994). Principen bygger på att motståndet i kroppen mäts genom att en växelström med konstant flöde skickas genom kroppen (Hoffer *et al.*, 1969). Den

elektriska ledningsförmågan i kroppen är beroende av mängden vatten och elektrolyter som finns i de olika vätskorna i kroppen (Chumlea & Guo, 1994). Den elektriska strömmen leds dåligt genom fett och ben men leds bra i vävnad som innehåller elektrolyter och vatten (Fielding *et al.*, 2004). Motståndet mot strömmen beror på en särskild motståndskraft och volymen på den ledande vätskan. Cellmembranen fungerar som elektriska kondensatorer och är en barriär som hindrar ström vid låga frekvenser (lägre än 50 kHz) att ta sig in i cellerna. Därför mäts den bioelektriska impedansen vid 1-5 kHz för att skatta den extracellulära vätskan. Vid frekvenser över 50 kHz fungerar inte cellmembranen som barriärer för strömflödet längre och därför kan en frekvens på 200 kHz användas för att skatta det totala kroppsvattnet (Forro *et al.*, 2000; Segal *et al.*, 1991; Sergi *et al.*, 1994; Siconolfi *et al.*, 1997). I och med detta måste impedansanalysapparaten som används vara multifrekvent, den måste kunna skicka ut ström vid olika frekvenser. Det intracellulära vattnet fås fram genom att ta skillnaden mellan det totala kroppsvattnet och det extracellulära vattnet (Fielding *et al.*, 2004; Latman *et al.*, 2010). För att veta om den bioelektriska impedansanalysen kan användas till att skatta hur mycket vatten som finns i kroppen har resultaten jämförts med resultat efter indikatorutspädningsmetoden och detta överensstämmer väl med dessa resultat i ett flertal studier (Forro *et al.*, 2000; Fielding *et al.*, 2004). För att mäta förändringar i vätskevolym bör impedansanalysapparat med multifrekvens innehållandes minst sju frekvenser användas om det är färre är det vanligt att förändringarna i vätskevolymerna underskattas (Fielding *et al.*, 2007; McKeen & Lindinger, 2004).

När BIA används för att få fram mängden vatten i kroppen kan kroppen liknas vid ett antal ledande cylindrar, och impedansen kan mätas med hjälp av en tetrapolär elektrod konfiguration (sammanställning). Ett framben och ett bakben tillsammans med längden på hästen används för att beräkna den totala och extracellulära ledande vattenvolymen. Den elektriska strömmen förs in i en cylinder och upptäcks i en annan cylinder och därmed kan impedansen mätas vid olika frekvenser vilket gör det möjligt att skatta både det totala kroppsvattnet och det extracellulära vattnet (Chumlea & Guo, 1994; Siconolfi *et al.*, 1997; McKeen & Lindinger, 2004).

För att mäta impedansen med en impedansanalysapparat på häst fästs de fyra elektroderna som sitter fast på två elastiska band runt det vänstra frambenet, över och under carpus eller bara över carpus och på det vänstra bakbenet, över och under hasen eller bara över hasen. De elastiska banden fästs runt hästens ben med hjälp av kardborreband. Den bioelektriska impedansen mäts vid 5 och 200 kHz. De ställen på benen där elektroderna ska fästas klipps håret kortare (cirka 2 mm långt). Sedan appliceras en ledande gel på de klippta ställena och på elektroderna innan elektroderna sätts fast på benen, gelen appliceras för att det ska bli bättre kontakt mellan huden och elektroderna. Den distala elektroden används för den ingående strömmen vid 800 μ A som avges vid frekvenser på 5 och 200 kHz, den proximala elektroden används för diagnosticering av den utgående strömmen från det andra benet. Apparaten avger impedansen i ohm vid varje frekvens. Det är viktigt att mätningarna upprepas minst tre gånger för att säkerhetsställa repeterbarheten och att alla mätningarna överensstämmer (Forro *et al.*, 2000).

Enligt studier gjorda av Forro *et al.* (2000) kunde placeringen av elektroderna på hästens ben ha stor betydelse för hur väl impedansen överensstämde med hur stor vätskevolymen egentligen var. När elektroderna är placerade över och under knäet respektive hasen kan avståndet mellan elektroderna variera mellan mättillfällena och framförallt mellan olika hästar. Detta kan bero på anatomiska skillnader mellan hästar och formen på benet runt leden. Detta gör det svårt att bibehålla elektroderna i samma läge. Dessutom har många presterande hästar svullnader och inflammationer i leder, dessa svullnader eller inflammationer kan då bli en

felkälla. För att underlätta mätningarna och undvika knäled och hasled bör båda elektroderna placeras minst 5 cm över knäet och hasen.

Motion, träning, urinutsöndring och värmeacklimatisering kan alla resultera i samtidiga förändringar i hematokrit, plasma och extracellulära och intracellulära vätskejonkoncentrationer och volymer. Detta bör tas i beaktning när BIA används för att bedöma vätskestatus. Impedansen till strömflödet är en funktion av volymen på de olika kroppsvätskornas utrymmen och jonkoncentrationen i dessa utrymmen och därför kan noggrannheten försämrans i testet (Forro *et al.*, 2000).

MATERIAL OCH METOD

Djurmaterial

I studien användes sex hästar av rasen svensk varmblodig travhäst. De var valacker mellan 5-11 år gamla och vägde mellan 470 och 650 kg. Hästarna tränades regelbundet och alla hade tidigare sprungit på rullmatta. Ett utestall med enskilda boxar användes för uppstallning av hästarna och kutterspån användes som strömedel. Dagtid vistades hästarna tillsammans i en hage. I boxen hade hästarna fri tillgång till vatten som de drack ur vattenhinkar. Vattenhinkarna var graderade och på så vis kunde vattenkonsumtionen läsas av. De dagar då inte vattenkonsumtionen avlästes hade de även tillgång till vatten i hagen. Studien genomfördes under perioden 4 oktober och 3 december. Utomhustemperaturen i Uppsala varierade under perioden mellan -19,8 och +14,8 °C (Berglund, 2011 personligt meddelande).

Foder och utfodring

Hästarna utfodrades med två olika foderstater i en crossover studie och testperioden för varje foderstat var fyra veckor. Den fiberrika foderstaten (F) bestod av gräshösilage, lusern, vetekli, mineraler och vitaminer. Kraftfoderfoderstaten (K) bestod av samma gräshösilage, havre och mineraler. Hälften av hästarna åt foderstat (F) under första perioden och foderstat (K) under andra perioden. Resten av hästarna åt foderstat (K) under period ett och foderstat (F) under period två. En crossover studie användes för att alla hästarna skulle äta båda foderstaterna och på så vis vara en kontroll för sig själv för att se hur de olika foderstaterna påverkade hästarnas återhämtning. För näringsvärden i hösilaget i period ett och två se tabell 1. Foderprov från åtta olika balar per period togs och samlingsproven analyserades. Två av hästarna tappade hull (tappade i kroppsmassa syntes främst runt kors och rygg) på foderstat (F) i period 1 varför en viss ökning av energiintaget genomfördes till period 2. För exakta foderstater för de olika hästarna se tabell 2 och 3. I period 1 foderstat (F) fick hästarna i sig 125-168 Mega Joule (MJ)/dag och 845–1 127 g smältbart råprotein (smb rp) rp/dag medan de på foderstat (K) fick i sig 114-147 MJ/dag och 779-1003 g smb rp/dag. I period 2 foderstat (F) fick hästarna i sig 144-171 MJ/dag och 901–1 073 g smb rp/dag medan de på foderstat (K) fick i sig 111-144 MJ/dag och 735-943 g smb rp/dag. Efter träningspass fick även alla 50 g NaCl som blandades i vatten tillsammans med havren för de hästar som åt foderstat (K) och tillsammans med vetekli för de hästar som åt foderstat (F). Hästarna utfodrades med hjälp av foderautomater. På foderstat (F) användes en grovfoderautomat och vetekli och lusernet lades direkt i krubban vid ett av utfodringstillfällena. På foderstat (K) användes en grovfoderautomat och en kraftfoderautomat. Hästarna utfodrades 3 gånger per dygn vid 07:00, 16:00 och 23:00. När hästarna stod i sina boxar fick de vatten i stora hinkar som fylldes på manuellt varje dag.

Tabell 1. Näringsvärden i hösilage som användes under period 1 och 2

| Hösilagets sammansättning | Period 1 Per kg TS | Period 2 per kg TS |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
|---------------------------|--------------------|--------------------|

| | | |
|-----------------------|------|------|
| Torrsubstans (TS) % | 80,6 | 80,6 |
| Omsättbar energi MJ | 9,9 | 9,5 |
| Råprotein g | 98 | 91 |
| Smältbart råprotein g | 61 | 54 |
| Kalcium g | 2,4 | 2,7 |
| Fosfor g | 1,5 | 1,5 |
| Magnesium g | 1 | 1 |
| Kalium g | 17 | 16 |
| Kalcium/Fosfor kvot | 1,5 | 1,7 |

Tabell 2. Foderstaten F för alla hästarna i period 1 och 2

| Häst | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---------------|---------------|----------|---------|---------|----------|
| Hösilage (kg) | 15,4 *16,4 | 14,1 *15,1 | 11,5 | 16,4 | 13,8 | 13,8 |
| Lusern (kg) | 0,6 | 0,55 | 0,45 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| Vetekli (kg) | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1 | 1 |
| Miner Grön | 180 g | 180 g | 160 g | 220 g | 160 g | 160 g |
| Vitaminer | 1 mått | 1 mått | < 1 mått | >1 mått | <1 mått | < 1 mått |

* Från och med dagen före transportdagen

Tabell 3. Foderstaten K för alla hästarna i period 1 och 2

| Häst | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hösilage (kg) | 8,6 | 8,6 | 6,4 | 8,6 | 6,4 | 6,4 |
| Havre (kg) | 6,4 | 6,4 | 5,2 | 6,4 | 5,2 | 5,2 |
| Miner Blå | 200 g | 200 g | 180 g | 240 g | 180 g | 180 g |

Testdagens utformning

I slutet av de testperioderna simulerades en tävlingsdag. Hästarna förbereddes genom att de på testdagens morgon vägdes (Weighing-indicator, TI 1200, Vetek, Sweden) för att få fram deras ursprungliga vikt och rektaltemperaturen mättes. Efter det mättes impedansen för att se hur mycket vätska som fanns i kroppen, både i och utanför cellerna. För att mäta impedansen mättes även höjd och längd på hästarna. Impedansen mättes genom att använda en Equistat Pro (Equistat Ltd, Douglas, Isle of Man, Storbritannien) som är en multifrekvent bioelektrisk impedansanalysapparat som enligt tillverkaren är validerad för häst. Elektroder på ett elastiskt band fästes med hjälp av kardborreband över vänster framknä och över vänster has, elektroderna kopplades sedan samman med impedansanalysapparaten. För att elektroderna skulle få bättre kontakt med huden rakades hästarna på de ställen där elektroderna skulle fästas och gel applicerades på huden för att få bättre kontakt mellan elektroderna och huden. När elektroderna kopplats samman med impedansmätaren fördes hästens vikt, längd och höjd in i mätaren, därefter skickades en lätt växelström med 800 μ A genom hästens kropp och impedansen mättes. Mätningarna gjordes i triplikat.

En permanentkateter sattes in i den vänstra jugularvenen på hästarna för att blodprov lätt skulle kunna tas under dagen utan att så många stick behövde göras. Ett blodprov togs på

morgonen omedelbart före hästarna åkte iväg och ytterligare åtta blodprov togs sedan fram till dagen efter (se tabell 4).

Tabell 4. Vilka prov som togs vid vilket tillfälle

| | Vikt | Blodprov | Impedans | Andning | Rektaltemp |
|--------------------------------|------|----------|----------|---------|------------|
| Före transport 1 | Ja | 1 | Ja | . | Ja |
| Efter Transport 1/ Före arbete | Ja | 2 | Ja | Ja | . |
| Arbete steg 1 | . | 3 | . | . | . |
| Arbete steg 2 | . | 4 | . | . | . |
| Arbete steg 3 | . | 5 | . | . | . |
| Arbete steg 4 | . | 6 | . | . | . |
| Efter arbete | Ja | 7 | Ja | Ja | Ja |
| Före transport 2 | Ja | . | . | . | . |
| Efter transport 2 | Ja | 8 | Ja | . | . |
| Återhämningsdag 1 | Ja | 9 | Ja | . | . |
| Återhämningsdag 2 | Ja | . | Ja | . | . |
| Återhämningsdag 3 | Ja | . | Ja | . | . |
| Återhämningsdag 4 | Ja | . | Ja | . | . |

Hästarna lastades på lastbilen i en förutbestämd ordning för att de skulle kunna stå i samma ordning vid båda testdagarna och i båda riktningarna. Hästarna transporterades en sträcka på cirka 200 km vilket tog ungefär 2,5 timmar att köra för att komma fram till Mälarkliniken där arbetstesterna utfördes. När hästarna åkt iväg fylldes alla vattenhinkar upp för att hästarna skulle ha tillgång till vatten när de kom tillbaka på kvällen. Till hästarna på foderstat (F) blandades 50 g NaCl tillsammans med en och en halv liter vatten och vetekli och till hästarna på foderstat (K) blandades 50 g NaCl med en halv liter vatten och havren de skulle äta på kvällen. NaCl-blandningen gjordes i ordning för att hästarna skulle få tillbaka en del av det NaCl de förlorade under transporten och testerna på rullmattan.

När hästarna kom fram till Mälarkliniken lastades de av och ställdes i varsin box där de inte hade tillgång till varken foder eller vatten för att förutsättningarna skulle vara lika för alla hästarna. Ordningen för när hästarna gjorde testet var samma vid de båda tillfällena för att den enskilda hästen skulle vänta ungefär lika lång tid vid båda tillfällena innan de fick göra testet för att minimera felkällorna. Detta gjordes för att hästarnas resultat jämfördes endast med det egna resultatet vid de båda tillfällena och inte mellan hästarna. Därför måste förutsättningarna vara så lika som möjligt.

När testet gjorts på alla hästarna vägdes hästarna innan de lastades på lastbilen i samma ordning som när de åkte dit. De transporterades samma sträcka på 200 km tillbaka till stallet igen. När hästarna kommit tillbaka till stallet lastades de av och sedan vägdes de, impedansen mättes och ett nytt blodprov togs innan de fick gå in i sin box och äta och dricka.

Dagen efter arbetstestet genomfördes togs ett nytt blodprov innan permanentkatetern togs bort. Hästarna vägdes och impedansen mättes samt att vattenintaget registrerades. Kroppsvikten, impedansen och vattenintaget mättes sedan i ytterligare två till tre dagar för att se hur lång tid det tog innan hästarna var tillbaka vid sin ursprungsvikt igen.

Vid båda arbetstestdagarna var det kallt ute vilket gjorde att vattnet frös i vattenhinkarna. Vid andra arbetstesttillfället var det 20-25 minusgrader vilket gjorde det svårt att ta blodprov vid vissa tillfällen då det frusit i permanentkatetern. Dessa prov togs då med vaccutainerteknik.

Arbetstestetets utförande

Innan arbetstestet startades vägdes hästarna igen för att se hur mycket de hade tappat i vikt under resan till kliniken. Ett nytt blodprov togs, andningsfrekvensen mättes och även impedansen mättes igen.

Arbetstestet utfördes på en rullmatta och temperaturen i rummet var 20-23°C. Hästarna utrustades med skydd på bakbenen och en gjord spändes runt buken som fäste till en nödbroms som stannade bandet om hästarna skulle falla eller snubbla. Varje test höll på i cirka 20 minuter. Hästarna fick först värma upp i skritt i två minuter i en hastighet på 2 m/s och sedan i trav i två minuter i en hastighet på 6 m/s. Arbetstestet genomfördes i fyra steg i hastigheterna 5,5 m/s, 6,5 m/s, 7,5 m/s och 8,5 m/s och lutningen på bandet var 6,3 %. Varje steg var två minuter långt och i slutet av varje steg togs ett blodprov. Nedvarvning skedde genom skritt i fem minuter i hastigheten 2 m/s och utan lutning. Direkt efter arbetstestet mättes rektaltemperatur, andningsfrekvens och ett nytt blodprov togs, sedan vägdes hästarna och spolades av. När benen torkat mättes impedansen igen.

Analyser

Blodproven samlades i litiumhepariniserade provrör. Provrören med blodproverna förvarades på is tills arbetstestet var klart. Hematokriten och totala plasmaproteinkoncentrationen mättes på plats. Hematokriten som mättes på helblod analyserades genom att blodet centrifugerades (ALC hematocrit centrifuge 4230, Milano, Italien) i två minuter med hastigheten 1500*g. Efter centrifugeringen kan hematokriten läsas av genom att se hur stor andel av provet som är röda blodkroppar. För att få fram totala plasmaproteinkoncentrationen centrifugerades blodprovet. Plasma pipetterades upp och placerades i en refraktometer (Leica Total Solid refraktometer, 10400A, Goldberg, Buffalo, NY, USA) där vätskans brytningsindex kunde läsas av och sedan räknas om till totala koncentrationen av proteiner i plasman. För vidare analyser förvarades blodproverna på is och transporterades till laboratorium på SLU, Uppsala.

Analys av plasmaprover

På Kungsängens forskningslaboratorium, SLU Uppsala analyserades osmolaliteten i plasmaproverna. Osmolaliteten definieras som den totala koncentrationen av lösta ämnen i en vattenlösning. Alla partiklar i lösningen mäts oberoende av molekylvikt och jonisk laddning. För att mäta osmolaliteten analyserades vätskans fryspunkt i en osmometer (Advanced[®]-osmometer, Norwood, Massachusetts, USA). En osmometer kan mäta osmolaliteten i alla biologiska vätskor, men främst i helblod, plasma, urin, avföring och svett. Egenskaperna för en lösning ändras när ett ämne löses upp i ett rent lösningsmedel. Lösningens kolligativa koncentrationsegenskaper är att fryspunkten sänks, kokpunkten höjs, det osmotiska trycket ökar och ångtrycket minskar. Dessa egenskaper ändras i direkt proportion till det totala antalet partiklar i lösningen (lösta ämnets koncentration). Med en osmometer mäts fryspunkten för att få fram koncentrationen i vattenlösningen. Fryspunkten mäts med hjälp av en termistor som känner av temperaturen i provet, styr graden av nedkylning och frysinduktion. Instrumentet är väldigt noggrant och kan påvisa skillnader på + - 1 mOsm/kg H₂O. De frusna plasmaproverna tinades på vattenbad. När proverna hade tinats pipetterades 250 µl av plasman upp och fördes över till ett provrör som var utformat för att passa i osmometern. Provröret placerades i osmometern och mätningen startades. För att mäta fryspunkten kyls provet ner flera grader under dess fryspunkt. Fryspunkten kunde fås fram genom att provet rördes om samtidigt som temperaturen mättes. I detta tillstånd är lösningen instabil och kristallisering induceras av en mekanisk omrörning. Fusionsvärmens som frigörs medför att temperaturen i provet stiger till en temperatur där det uppstår en jämvikt mellan vätska och fast tillstånd. Temperaturen som är i jämvikten mellan vätska och fast tillstånd definieras som lösningens fryspunkt. Eftersom

osmolaliteten var i direkt proportion till lösningens fryspunkt så fick osmometern fram vilken osmolalitet lösningen hade i mOsm/kg H₂O (Advanced instruments, 2006). De viktigaste komponenterna som påverkar variationer i plasmans osmolalitet hos häst är vatten eller natrium-, kalium och laktat innehåll men även urea och glukos kan påverka osmolaliteten (Jansson, 2011 personligt meddelande).

Statistiska analyser

Vattenintag, kroppsvikt, impedans, osmolalitet, total plasmaproteinkoncentration, hematokrit, andning, kroppstemperatur och viktminskning analyserades med variansanalys (PROC GLM i SAS, vers. 9.2). Signifikansnivån för skillnader mellan proverna sattes till P<0,05. När signifikant F-värde för samspelseffekter och huvudeffekter påvisades vid P<0,05 utfördes parvisa jämförelser mellan least square means enligt Tukey's t-test. Parvisa jämförelser gjordes även när 0,05<P<0,10 då en tendens till signifikans kunde ses.

Modellen som användes för resultaten var: $Y_{ijk} = \mu + a_i + b_{ij} + g_{ijk} + e_{ijkl}$ där:

Y_{ijk} = observerat värde

μ = medelvärde av parametern

a_i = effekt av djur

b_{ij} = effekt av foder

g_{ijk} = effekt av period

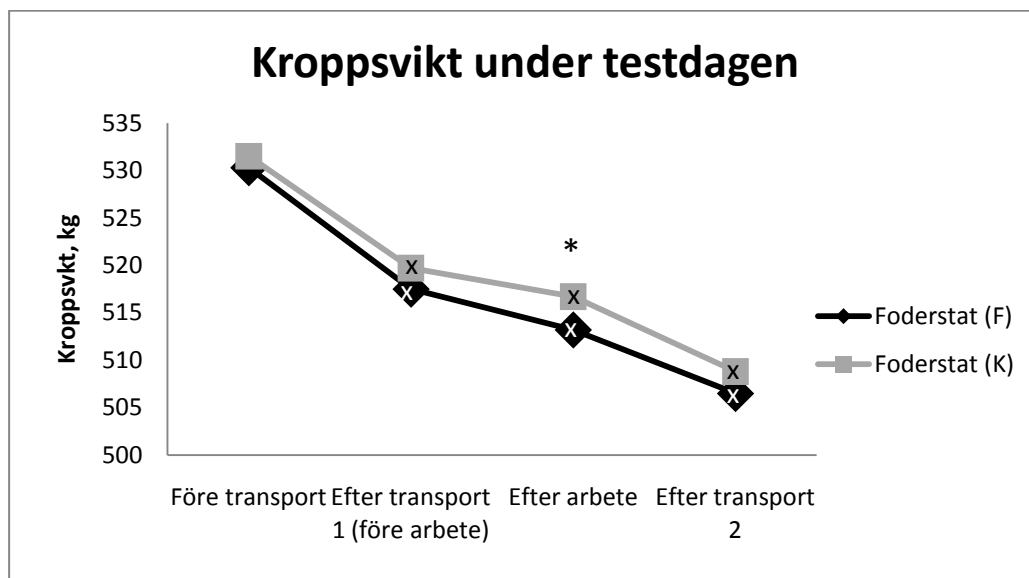
h_{ijkl} = effekt av prov eller dag

e_{ijklm} = residualeffekt

RESULTAT

Hästarnas kroppsvikt och viktminskning

När hästarna hade ätit foderstat (K) hade de en högre kroppsvikt under testdagen i jämförelse med när de hade ätit foderstat (F). Det var dock endast efter arbetet som det fanns en signifikant skillnad vid ett specifikt tillfälle (Fig. 1). Det var en signifikant viktförlust redan efter transporten på båda foderstaterna (Fig. 1).



Figur 1. Hästarnas kroppsvikt under arbetstestdagarna efter att ha ätit de två olika foderstaterna.

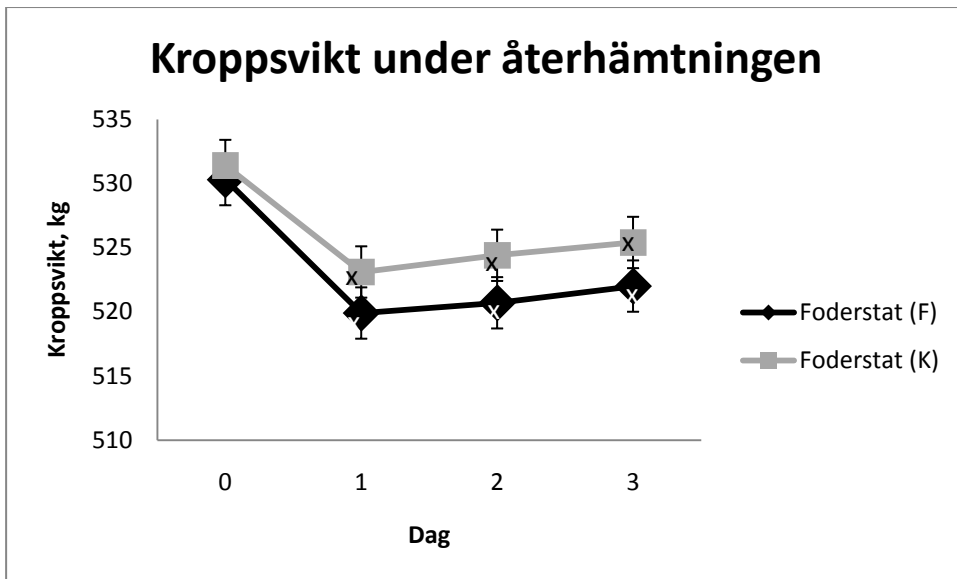
* = signifikant skillnad mellan behandlingarna (p<0,05)

X

= Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◆ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

Kroppsvikten återhämtade sig inte på 4 dagar på någon av foderstaterna (Fig. 2)

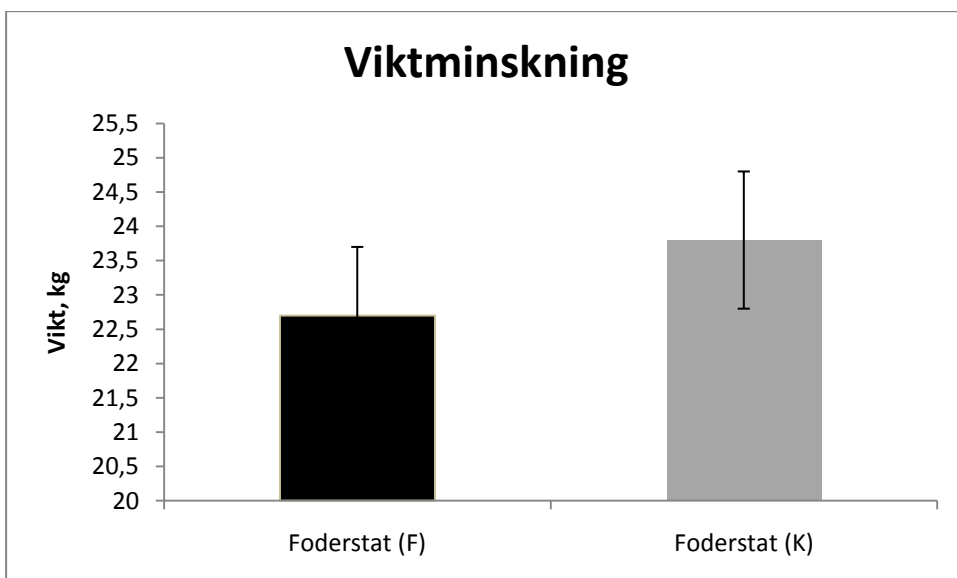


Figur 2. Ursprunglig medelvikt på hästarna samt medelvikten hos hästarna första, andra och tredje dagen efter att arbetstestet utförts.

x = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◆ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

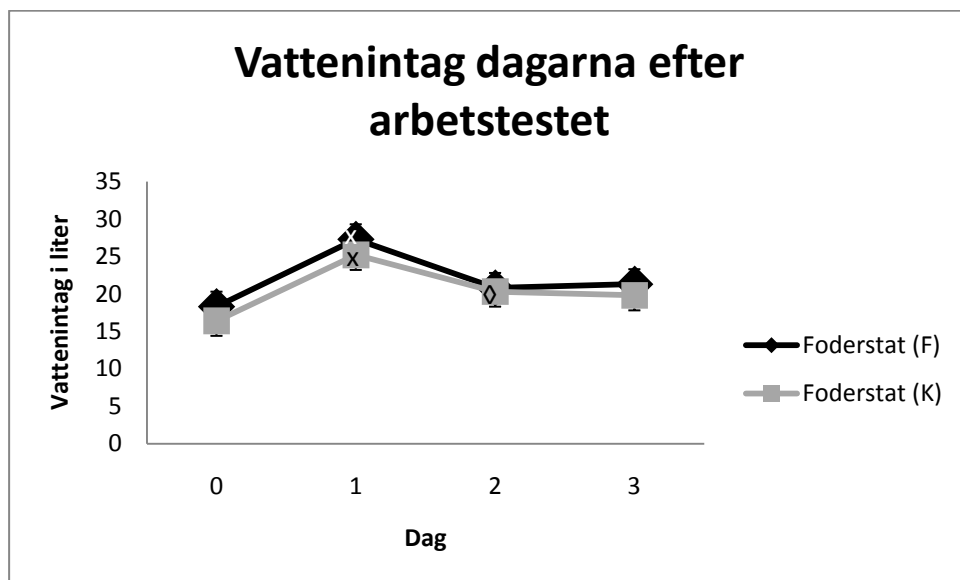
Det fanns ingen signifikant skillnad i viktninskning efter att hästarna ätit foderstat (F) i jämförelse med när de hade ätit foderstat (K) (fig. 3).



Figur 3. Viktninskning hos hästarna efter transporter och arbetstest efter att ha ätit de två olika foderstaterna.

Vattenintag

Det fanns ingen signifikant skillnad i vattenintaget hos hästarna efter att de ätit de två olika foderstaterna (fig. 4). Vattenintaget var signifikant högre dagen efter testdagen efter att hästarna ätit båda foderstaterna i jämförelse med vad den var dygnet före testdagen. Vattenintaget var även signifikant högre (enligt ANOVA dock ej enligt Tukey's) två dagar efter testdagen efter att hästarna ätit foderstat (K).

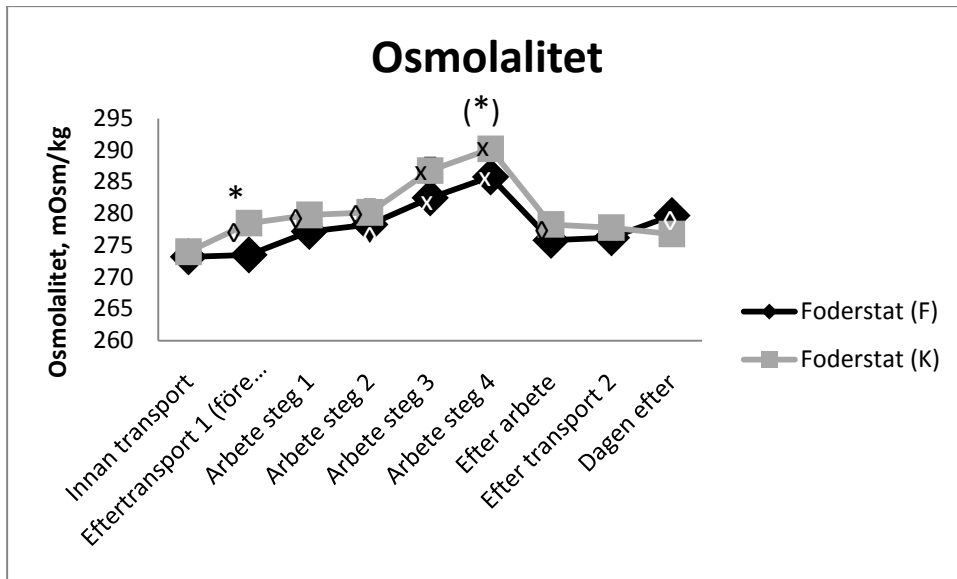


Figur 4. Vattenintag hos hästarna uppmätt på morgonen dagen då arbetstesten genomfördes och första, andra och tredje dagen efter att arbetstestet genomfördes.

- x = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)
- ♦ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)
- ◇ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

Analys av blodproven

När hästarna hade ätit foderstat (F) hade de en signifikant lägre ($p < 0,05$) osmolalitet i jämförelse med när de ätit foderstat (K). Skillnaden i osmolalitet var som störst efter att hästarna hade transporterats till kliniken och det fanns en tendens till signifikant skillnad ($p < 0,10$) även efter steg 4 i arbetet när hastigheten på rullmattan var 8,5 m/s och lutningen var 6,3 %. Osmolaliteten var signifikant högre under arbetets steg 3 och steg 4 i jämförelse med vad den var innan transporten till kliniken efter att hästarna ätit de båda foderstaterna. Det fanns även signifikant skillnad i osmolaliteten enligt ANOVA efter första transporten, under arbetstestets steg 1 och 2 samt efter arbetet i jämförelse med det ursprungliga värdet när hästarna hade ätit foderstat (K). Efter att hästarna hade ätit foderstat (F) fanns en signifikant skillnad i osmolaliteten enligt ANOVA under arbetstestets steg 2 och dagen efter arbetstestet i jämförelse med startvärdet (fig. 5). Osmolaliteten hos varje enskild häst skilde sig dock numeriskt där den hos häst 1, 2, 3, 5 var högre när de ätit foderstat (K) medan den hos häst 4 och 6 var lika hög på de båda foderstaterna eller högre efter att ha ätit foderstat (F) (fig. 6).



Figur 5. Osmolaliteten i plasmaprover vid olika tillfällen under testdagen mätt efter att hästarna ätit två olika foderstater.

* = signifikant skillnad mellan behandlingarna ($p < 0,05$)

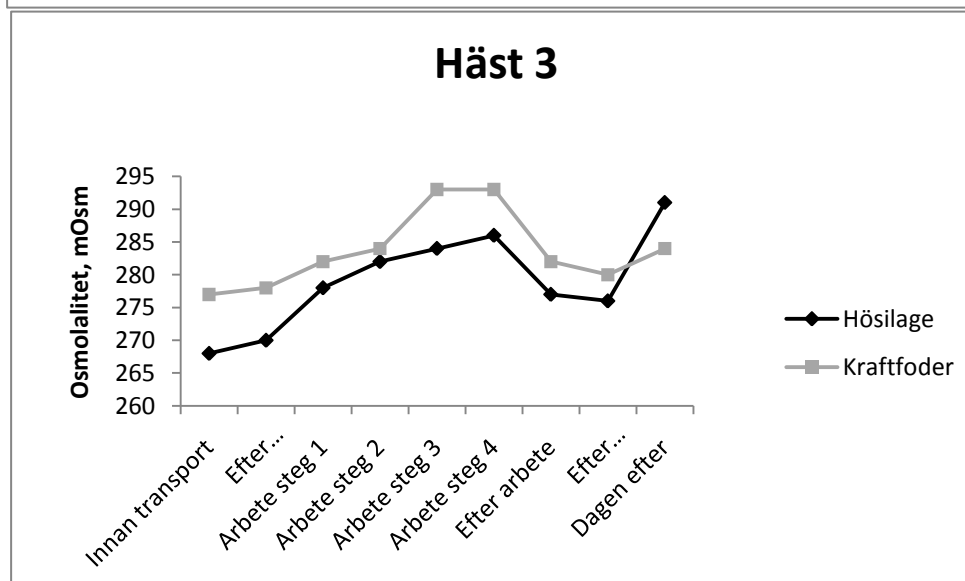
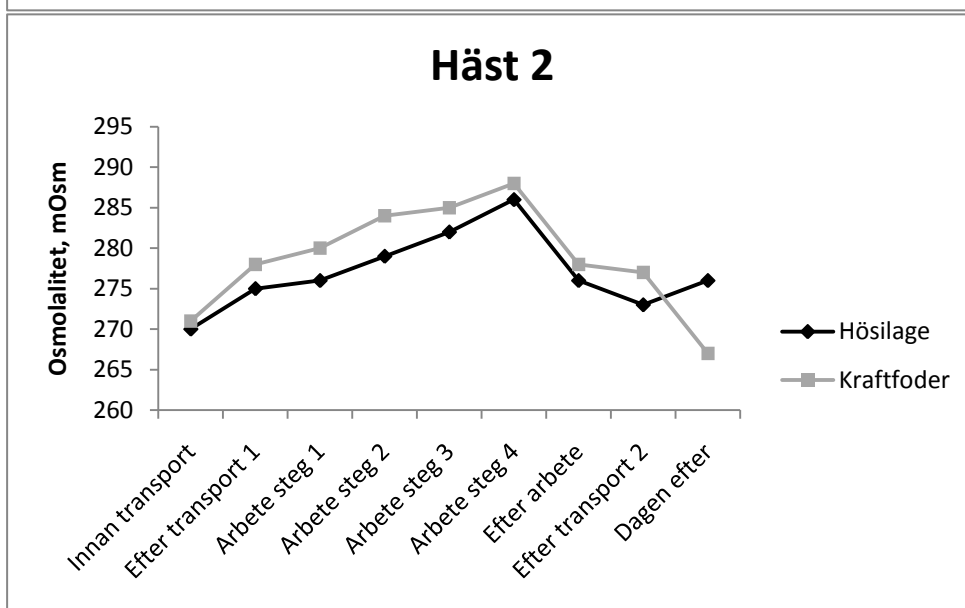
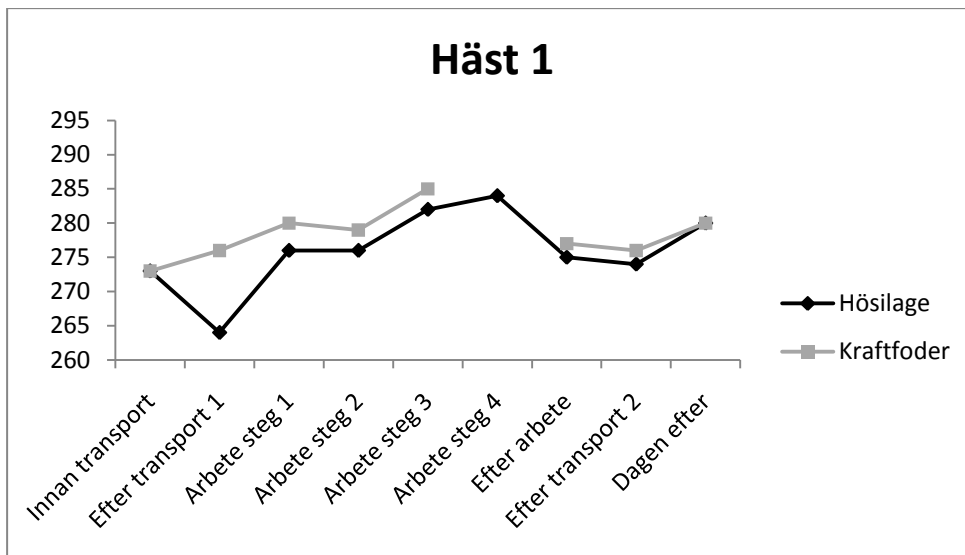
(*) = tendens till signifikant skillnad mellan behandlingarna ($p < 0,10$)

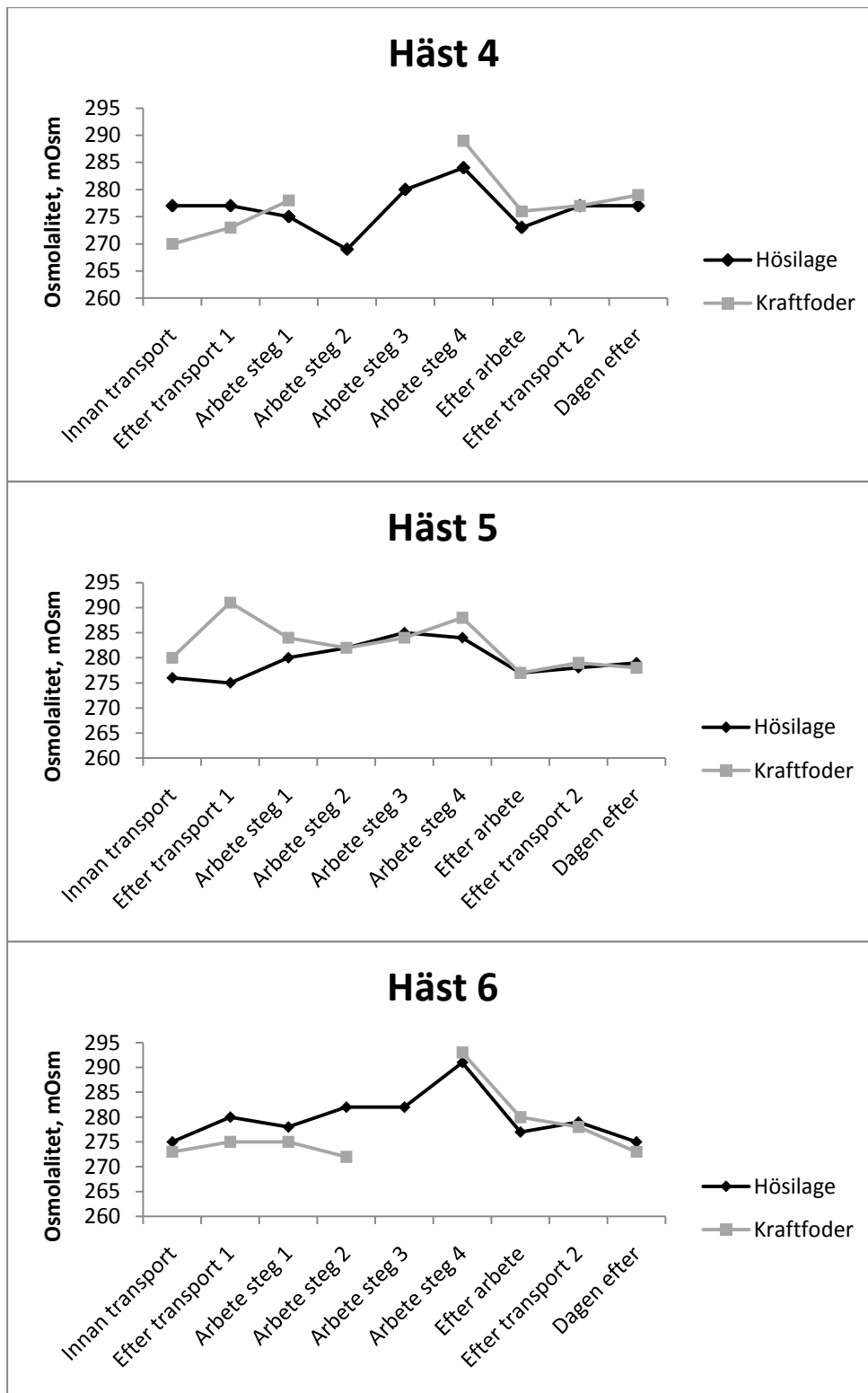
x = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◆ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◇ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

◆ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

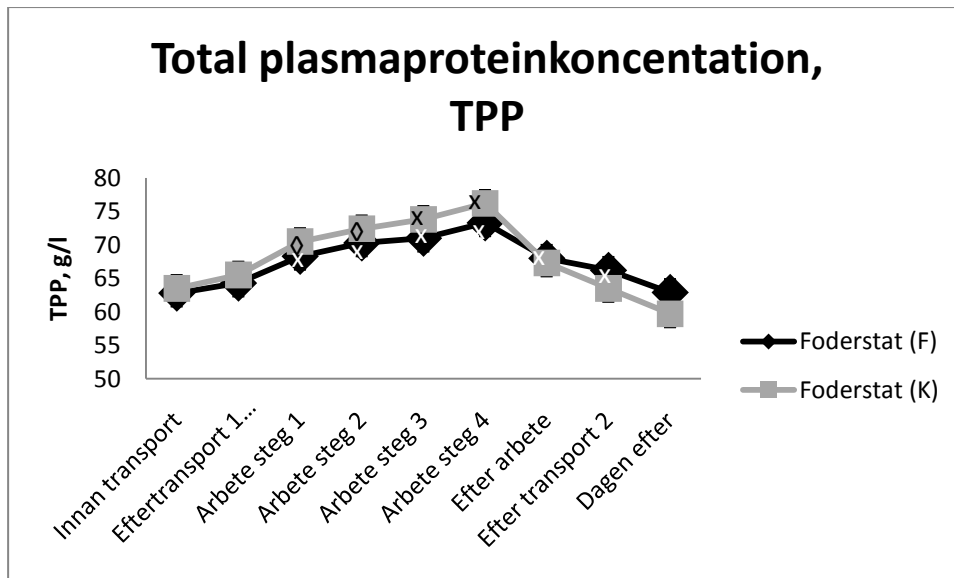




Figur 6. Osmolaliteten under arbetstestdagen för varje enskild häst.

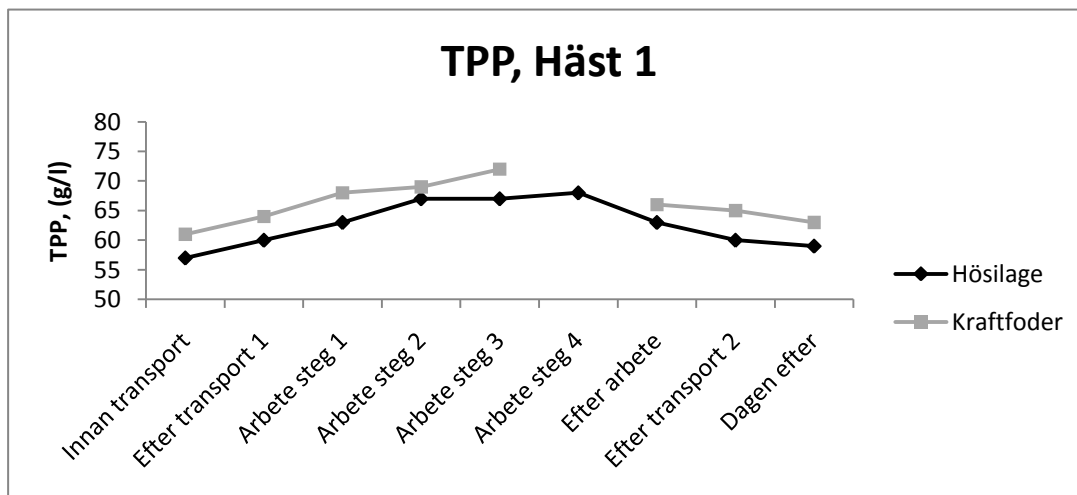
Det fanns ingen signifikant skillnad i totala plasmaproteinkoncentrationen hos hästarna efter att de hade ätit de två olika foderstaterna (Fig. 7). När hästarna hade ätit foderstat (K) var den totala plasmaproteinkoncentrationen signifikant högre enligt Tukey's test under arbetstestets steg tre och fyra i jämförelse med startvärdet, det fanns även en signifikant skillnad enligt ANOVA under arbetstestets steg ett och två i jämförelse med startvärdet. Efter att hästarna ätit foderstat (F) var den totala plasmaproteinkoncentrationen signifikant högre enligt Tukey's

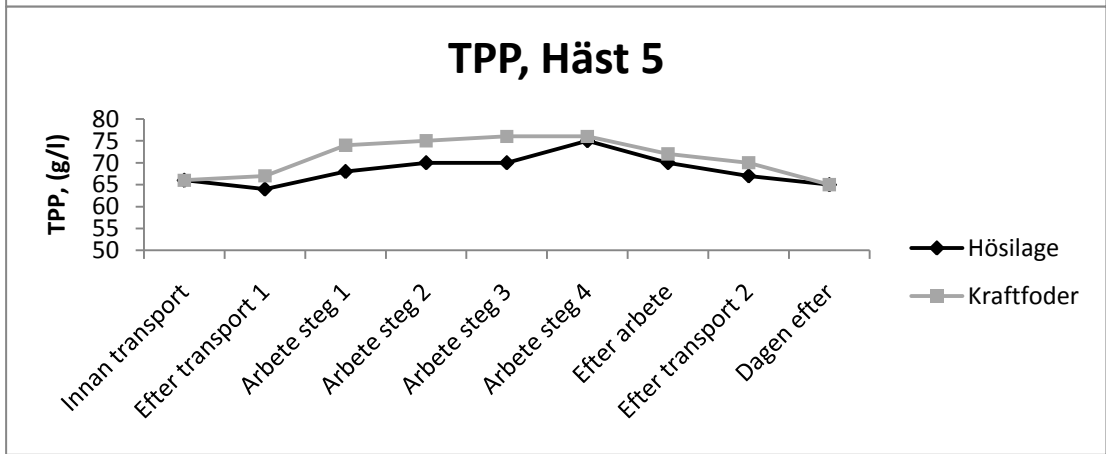
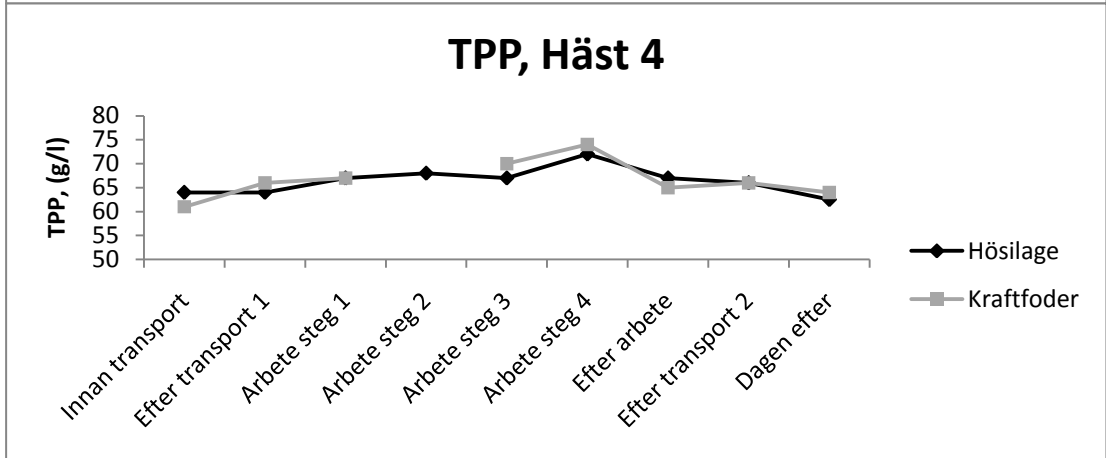
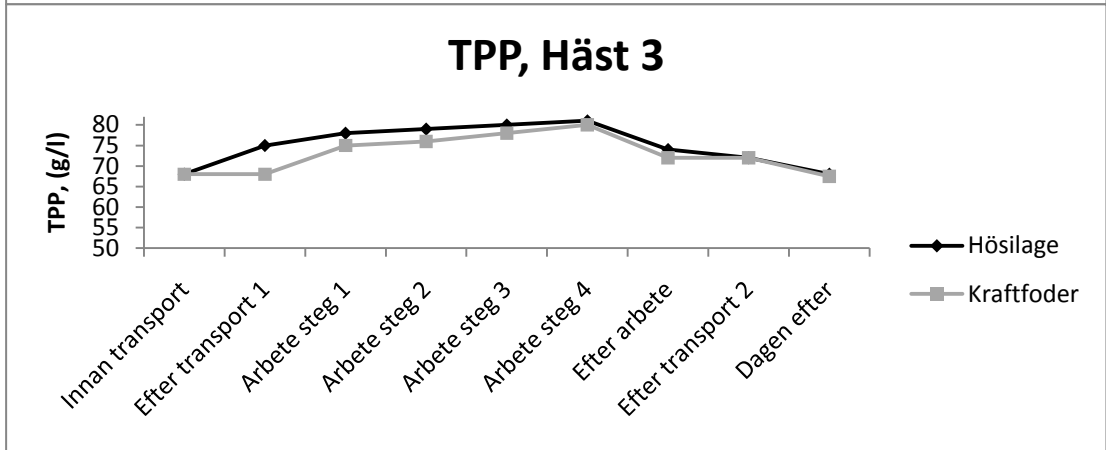
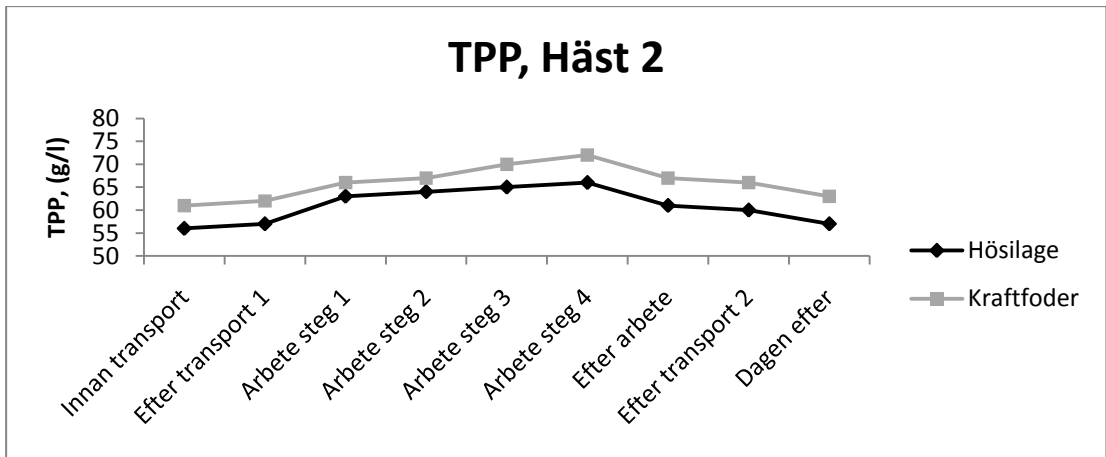
test under arbetstestetets steg ett, två, tre och fyra, efter arbetet och efter transporten tillbaka till stallet (fig. 7). Den totala plasmaproteinkoncentrationen hos varje enskild häst skilde sig dock numeriskt där den hos häst 1,2,4,5 var högre när de ätit foderstat (K) medan hos häst 3 och 6 var lika hög på de båda foderstaterna eller högre efter att ha ätit foderstat (F) (fig. 8).

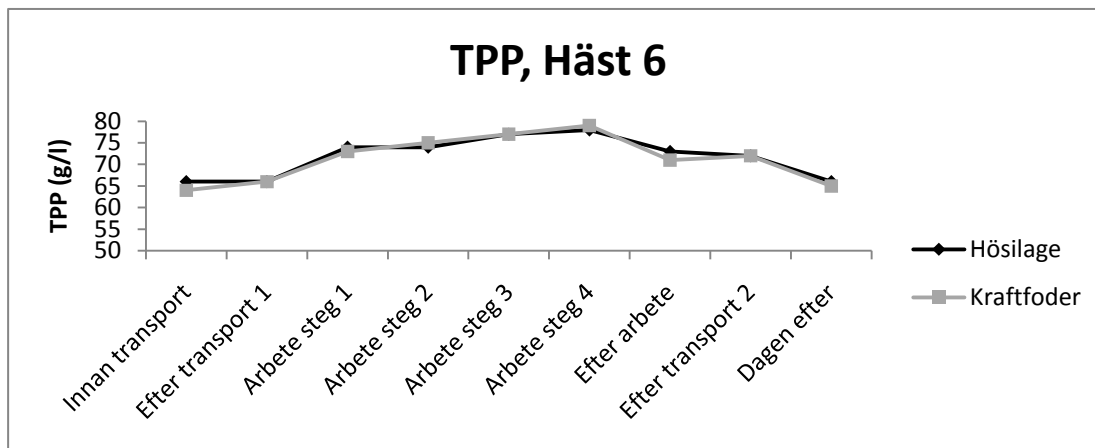


Figur 7. Den totala plasmaproteinkoncentrationen hos hästarna vid olika tillfällen under arbetstestdagen och mätt efter att de ätit de båda foderstaterna.

- x = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)
- F = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)
- ◇ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

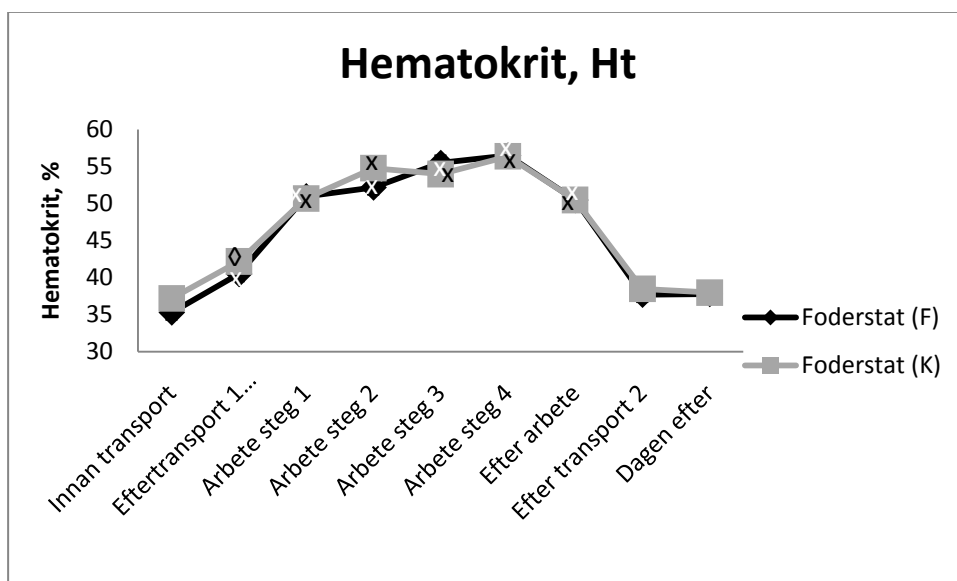






Figur 8. Total plasmaproteinkoncentration under arbetstestdagen för varje enskild häst.

Det fanns ingen signifikant skillnad i hematokrit efter att hästarna ätit foderstat (F) i jämförelse med när de ätit foderstat (K). Hematokriten var signifikant högre enligt Tukey's test under arbetstestets steg ett, två tre och fyra samt efter arbetet i jämförelse med startvärdet när hästarna ätit de båda foderstaterna. Hematokriten var även signifikant högre enligt Tukey's test efter transporten till arbetstestet i jämförelse startvärdet när hästarna hade ätit foderstat (F). När hästarna ätit foderstat (K) var hematokriten signifikant högre enligt ANOVA efter transporten till arbetstestet i jämförelse med startvärdet (fig. 9).



Figur 9. Hematokrit i blodet analyserat vid olika tillfällen under arbetstestdagen efter att hästarna hade ätit de båda foderstaterna.

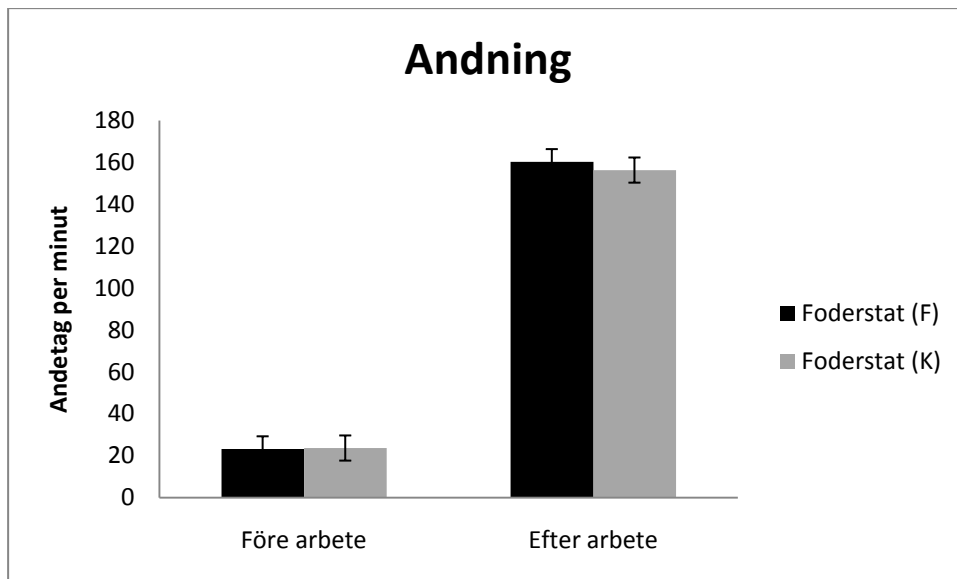
x = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◆ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◇ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

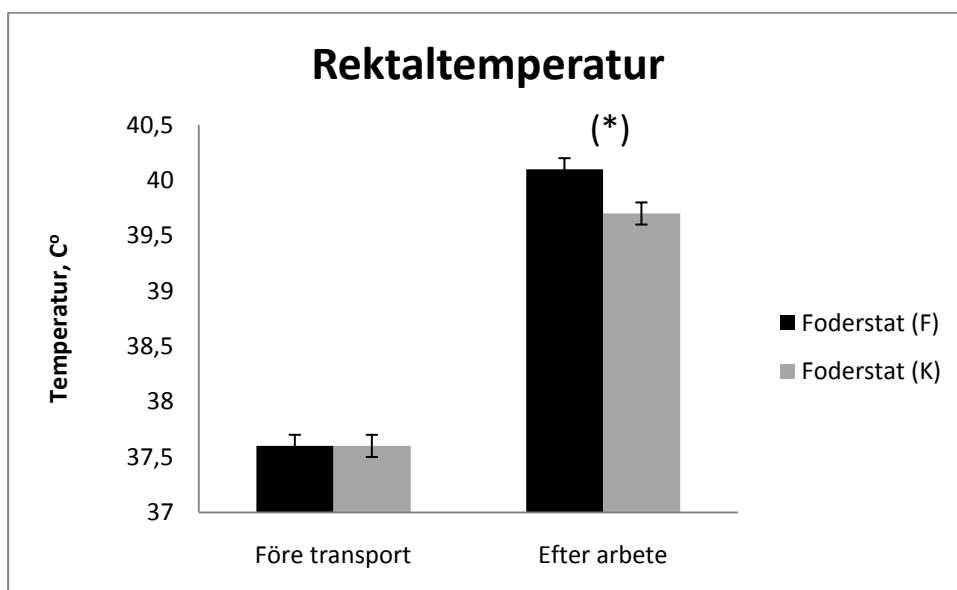
Andningsfrekvens och rektaltemperatur

Det fanns ingen signifikant skillnad i andningsfrekvens (fig. 10) varken före eller efter arbetet på rullmattan när hästarna hade ätit de två olika foderstaterna.



Figur 10. Hästarnas andningsfrekvens före och efter arbetet på rullmattan.

Det fanns ingen signifikant skillnad i rektaltemperatur efter att hästarna hade ätit foderstat (F) i jämförelse med när de hade ätit foderstat (K) (fig. 11). Dock kunde en tendens till signifikant skillnad ($p < 0,10$) i rektaltemperatur ses efter arbete där temperaturen var något högre efter att hästarna hade ätit foderstat (F).

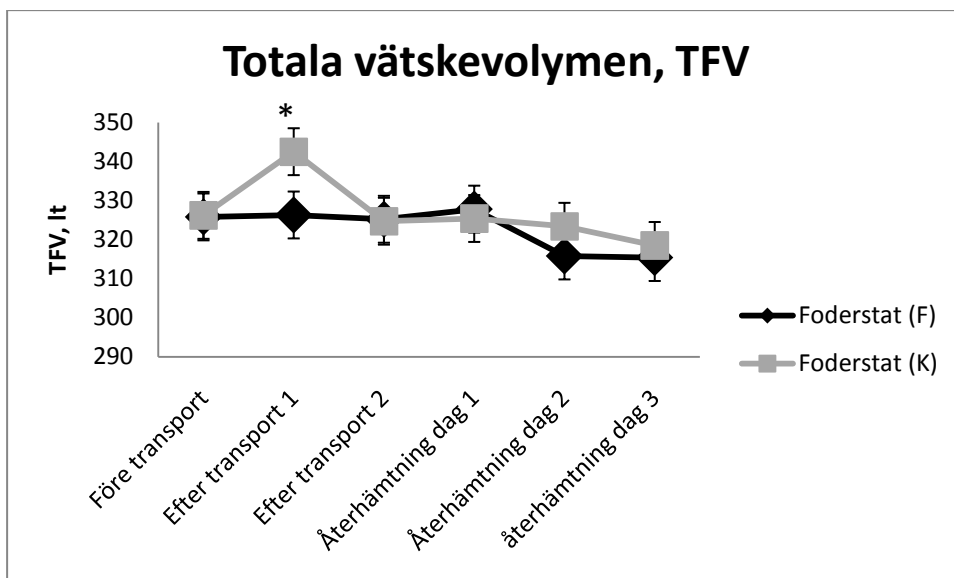


Figur 11. Hästarnas rektaltemperatur före transporten till Mälarkliniken och efter arbete på rullmattan efter att ha ätit de två olika foderstaterna.

(*) = tendens till signifikant skillnad mellan behandlingarna ($p < 0,10$)

Hästarnas vätskevolym

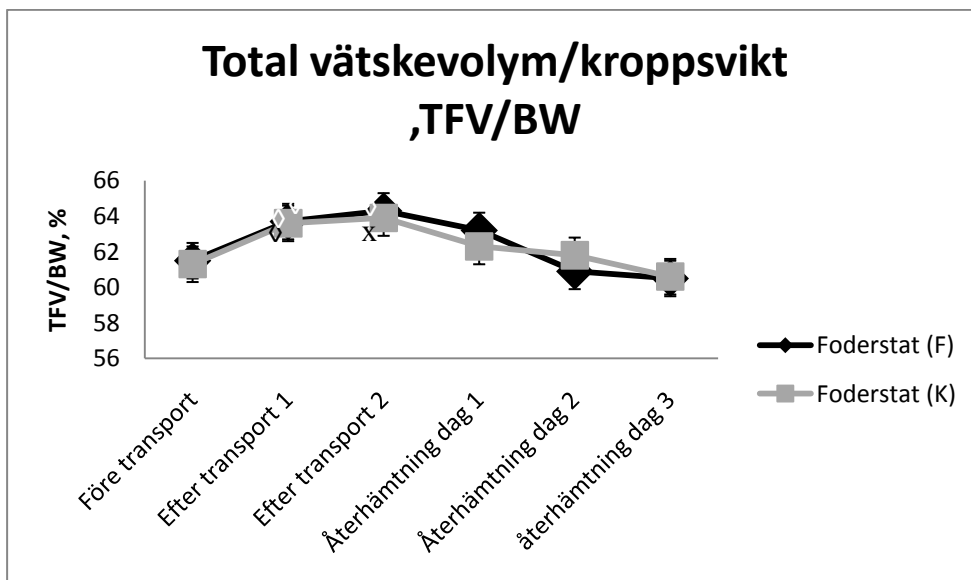
Det fanns ingen signifikant skillnad i total vätskevolym mellan de olika de två olika foderstaterna. Det fanns dock en signifikant skillnad ($p < 0,05$) inom en mätpunkt där den totala vätskevolymen var lägre efter att hästarna hade ätit foderstat (F) efter första transporten (fig. 12).



Figur 12. Totala vätskevolymen hos hästarna under olika tillfällen vid arbetstestdagen och under återhämtningen dagarna därefter.

* = signifikant skillnad mellan behandlingarna ($p < 0,05$)

Det fanns ingen signifikant skillnad i total vätskevolym per kg kroppsvikt när hästarna ätit de två olika foderstaterna (fig. 13). Det fanns en signifikant skillnad i total vätskevolym per kg kroppsvikt enligt tukey's test efter transporten tillbaka till stallet och enligt ANOVA efter transporten till kliniken i jämförelse med förvärdet när hästarna ätit foderstat (K). Efter att hästarna ätit foderstat (F) fanns en signifikant skillnad i total vätskevolym per kg kroppsvikt enligt ANOVA efter transporten till kliniken och efter transporten tillbaka till stallet i jämförelse med förvärdet.



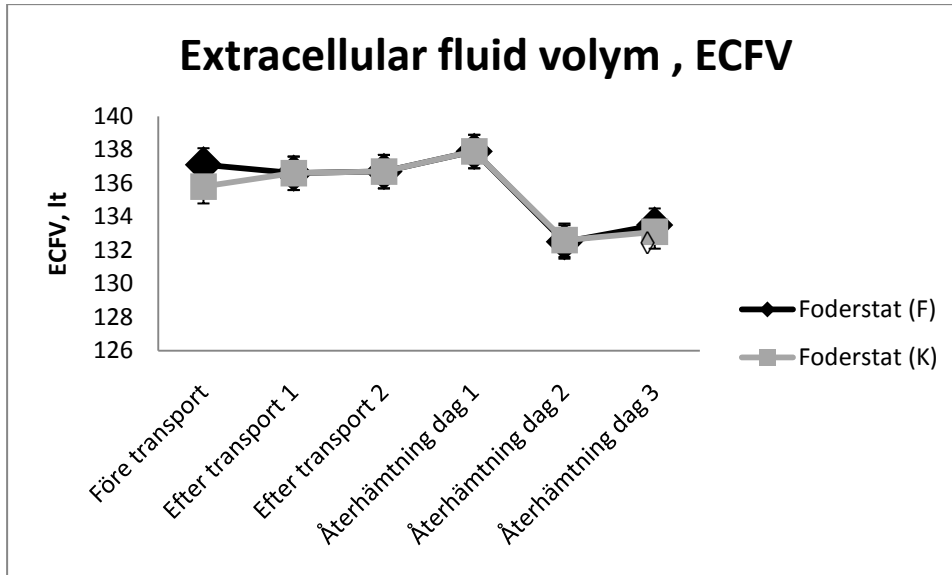
Figur 13. Den totala vätskevolymen per kg kroppsvikt uttryckt i % under olika tillfällen vid arbetstestdagen och återhämtningsdagarna därefter.

^x = Signifikant skillnad från förvärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◇ = Signifikant skillnad från förvärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

◊ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

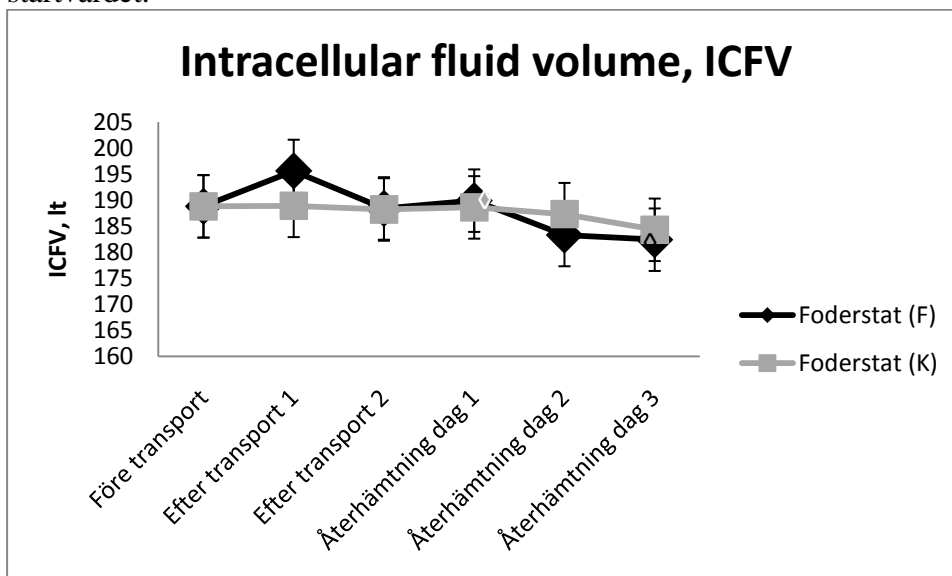
Det fanns ingen signifikant skillnad i den extracellulära vätskevolymen efter att hästarna hade ätit de två olika foderstaterna. Det fanns dock en signifikant skillnad i den extracellulära vätskevolymen enligt ANOVA vid återhämtningsdag 3 i jämförelse med startvärdet efter att hästarna ätit foderstat (K) (fig. 14).



Figur 14. Extracellulära vätskevolymen mätt vid olika tillfällen under arbetstestdagen och dagarna därefter.

◊ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

Det fanns ingen signifikant skillnad ($p < 0,05$) i den intracellulära vätskevolymen efter att hästarna hade ätit de två olika foderstaterna (fig. 15). Det var heller ingen signifikant skillnad inom de olika mättillfällena. Det fanns dock en signifikant skillnad i intracellulär vätskevolym enligt ANOVA vid återhämtningsdag 3 när hästarna hade ätit foderstat (K) i jämförelse med startvärdet.

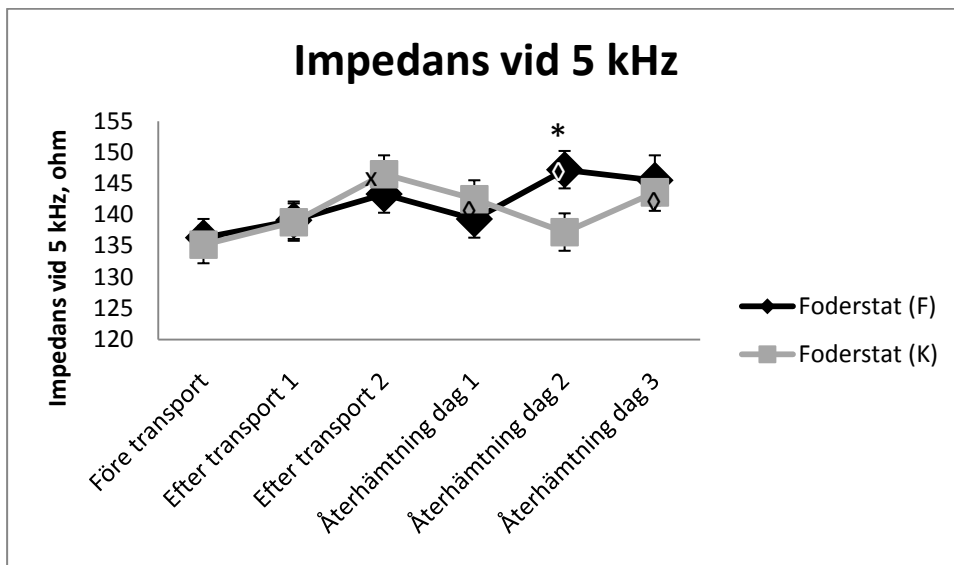


Figur 15. Intracellulära vätskevolymen mätt vid olika tillfällen under arbetstestdagen och dagarna därefter.

◇ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

Impedansen mätt vid 5 kHz och 200 kHz

Det fanns ingen signifikant skillnad i impedans mätt vid 5 kHz och 200 kHz efter att hästarna hade ätit de två olika foderstaterna (fig. 16 & 17). Det fanns en signifikant skillnad i impedansen inom mättillfällena vid återhämtningsdag två mätt både vid 5 och 200 kHz. Det fanns en signifikant skillnad i impedansen mätt vid 5 kHz enligt tukey's test efter transport två och enligt ANOVA vid återhämtningsdag ett och tre i jämförelse ned startvärdet när hästarna ätit foderstat (K). Det fanns också en signifikant skillnad enligt ANOVA vid återhämtningsdag 2 efter att hästarna ätit foderstat (F).



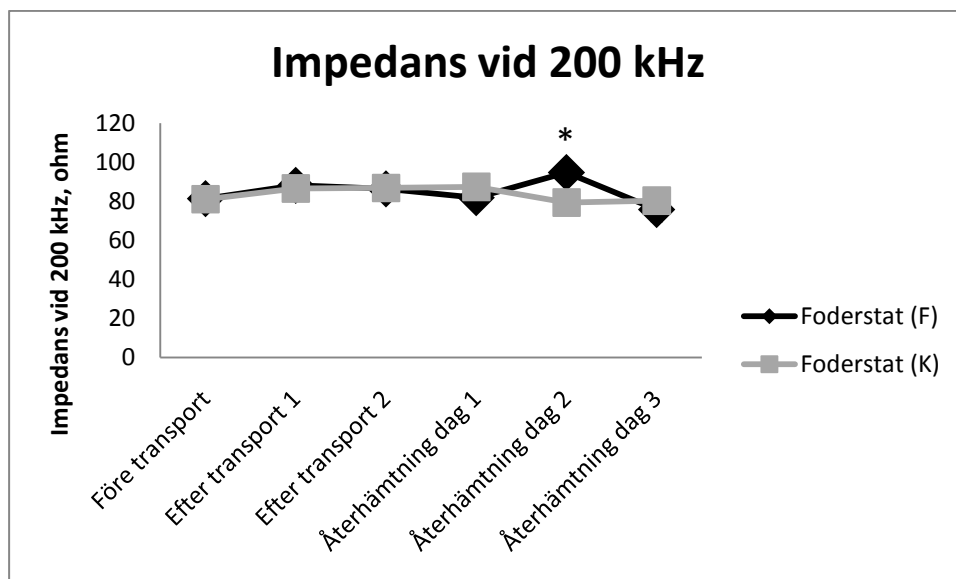
Figur 16. Impedansen mätt vid 5 kHz som registrerades vid olika tillfällen under arbetstestdagen och dagarna därefter efter att hästarna ätit de två olika foderstaterna.

* = signifikant skillnad mellan behandlingarna ($p < 0,05$)

x = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt Tukey's test)

◇ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (K) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)

◇ = Signifikant skillnad från förevärdet inom foderstat (F) ($p < 0,05$ enligt ANOVA)



Figur 17. Impedansen mätt vid 200 kHz som registrerades vid olika tillfällen under arbetstestdagen och dagarna därefter.

* = signifikant skillnad mellan behandlingarna ($p < 0,05$)

DISKUSSION

För de flesta värdena som uppmättes i studien fanns det inte någon signifikant skillnad efter att hästarna ätit de två olika foderstaterna och därför stämmer inte hypotesen helt och hållet. Det totala kroppsvatteninnehållet var dock större på foderstat (F) och osmolaliteten lägre jämfört med foderstat (K) vilket tyder på att en viss påverkan på vätskebalansen kan ha skett.

Hästarnas kroppsvikt var signifikant lägre efter att hästarna utfört arbetstestet och transporterats än vid testdagens början efter att de ätit både foderstat (K) och foderstat (F). Det är helt naturligt eftersom hästarna svettades stora mängder under arbetstestet och inte hade tillgång till vare sig foder eller vatten under hela arbetstestdagen. En av hästarna avgav även träck i transporten och på rullmattan. Kroppsvikten var något högre efter att hästarna hade ätit foderstat (K) än foderstat (F) under hela arbetstestsdagen men en signifikant skillnad mellan foderstaterna kunde endast ses efter arbetstestet. Enligt studier gjorda av Carroll & Huntington, (1988); Ellis *et al.* (2002) och Daly *et al.* (2001) borde kroppsvikten vara högre när hästarna utfodrats med en foderstat med hög andel grovfoder än när de ätit en foderstat med låg andel grovfoder. Om foderstaten består av stor andel grovfoder ökar mag-tarmkanalens vikt eftersom hästen behöver äta mer foder för att få i sig lika mycket energi som när de äter kraftfoder. Dock innehöll grovfodret i period ett mer energi per kg TS än vad havre innehåller men det gällde inte för period två. Vikten blir dock högre eftersom grovfoder innehåller mer fibrer än vad havre gör och fibrerna binder till mer vatten som då kan göra att hästarna blir tyngre. Dessutom är passagehastigheten lägre och smältbarheten på fodret lägre på grovfoder i jämförelse med kraftfoder (Ellis *et al.*, 2002; Connysson *et al.*, 2010). Detta stämmer dock inte överens med resultaten som fåtts fram i denna studie där kroppsvikten var högre efter att hästarna ätit foderstat (K) som innehöll låg andel grovfoder. Det är inte säkert att energivärdet i foderanalysen för period ett stämde helt överens med verkligheten eftersom de hästarna som åt foderstat (F) tappade lite i hull (mindre kroppsmassa syntes främst över rygg och kors) och energiintaget fick då ökas för att de skulle komma tillbaka till samma nivå av hull igen. En annan anledning till att hästarna kunde tillgodogöra sig allt foder kan vara att

under försöksperioden var det under en lång tid väldigt kallt och vattnet som hästarna drack var då också väldigt kallt. Det kalla vattnet kan kanske då påverka tarmfloran och på så vis kan smältbarheten på fodret försämrats.

Även kroppsvikten under återhämtningen var signifikant högre när hästarna ätit foderstat (K) i jämförelse med foderstat (F). Varför vikten är lägre på foderstat (F) kan bero på att de kan ha gått ner lite mer i vikt än när de åt foderstat (K) eftersom de har mer foder- och vatteninnehåll i tarmen och det kan vara lite jobbigare att prestera med mycket grovfoder i kroppen. Vilket kan göra att hästen svettas mer och på så sätt går ner mer i vikt. Även hästens puls vid arbete ökade enligt en studie gjord av Ellis *et al.* (2002) när hästens grovfoderintag ökade, pulsen mättes dock inte i denna studie. Eftersom rektaltemperaturen var högre kan det vara ett tecken på att även pulsen var högre. Det skulle kunna bero på att när hästarna äter grovfoder och mag-tarmkanalen är mer fylld och tyngre behövs ett större arbete att utföra samma sak som när mag-tarmkanalen är mindre fylld. Vid ett tyngre arbete är värmeproduktionen större och det kan även leda till högre puls vid arbete. Kroppsvikten hade behövt mätas ett par dagar till efter arbetstestet för att se exakt när hästarna hade återhämtat sig till sin ursprungliga kroppsvikt. Hästarna hade inte återhämtat sig till sin ursprungliga kroppsvikt varken när de åt foderstat (F) eller foderstat (K). I en studie gjord av Kronfeld, (1996) har de kommit fram till att de hästar som ätit en foderstat som innehåller mycket grovfoder hade en högre rektaltemperatur när de hade utfört arbetstest än de hästar som åt en foderstat som innehöll mer kraftfoder. Liknande resultat var det i denna studie där det fanns en tendens till signifikant skillnad ($p < 0,10$) där rektaltemperaturen efter arbetstestet var högre när hästarna ätit foderstat (F) i jämförelse med när de ätit foderstat (K). Den högre rektaltemperaturen kan vara jobbig för hästen eftersom det är mer värme som behöver avges ner när de arbetar och det gör att hästen svettas mer och den ökade svettproduktionen kan göra att de tappas mer i vikt. Dock var den totala viktminskningen inte signifikant skild mellan de två foderstaterna. Det var heller ingen skillnad i andningsfrekvens mellan de två olika foderstaterna varken före eller efter arbete.

Skillnaden i vattenintag när hästarna ätit de olika foderstaterna var inte signifikant. Vattenintaget var dock signifikant högre dagen efter arbetstestet i jämförelse med vad den var dagen innan arbetstestet, oavsett foderstat. Det är inte så konstigt eftersom hästarna behöver återställa vätskebalansen efter att ha förlorat stora mängder vätska genom att svettas och att de inte hade tillgång till vatten under hela dagen när arbetstestet genomfördes. I studier som gjorts av Fannesbeck, (1968); Cymbaluk (1989); Danielsen *et al.* (1995) och Connysson *et al.* (2010) har de kommit fram till att vattenintaget är högre när hästarna äter en foderstat som innehåller mycket grovfoder (högt fiberinnehåll) än när de äter en mer lättsmält foderstat som innehåller stor andel kraftfoder. Regleringsmekanismen för vattenintaget bör ha varit likadant på båda foderstaterna eftersom törsten stimuleras av en minskad plasmavolymer och en ökad osmolalitet. Men det kan vara så att när hästarna åt foderstat (K) började de dricka tidigare eftersom de inte hade lika mycket vätska i tarmen som de kan absorbera till plasman som när hästarna åt foderstat (F). Det kan också leda till ökad osmolalitet i plasman som kan vara högre på foderstat (K) eftersom de inte har samma mängd tarmvätska som de kan utnyttja. Det kan även finnas en individuell skillnad i hur känsliga hästarna är för förändringar i plasmavolymer. De hästar som är känsligare för en minskning i plasmavolymer och ökning av Na-koncentrationen i plasman kanske börjar dricka tidigare och kan då kanske återhämta sig snabbare. Men i denna studie återhämtade sig osmolaliteten och TPP till den ursprungliga nivån redan innan de kom tillbaka till stallet efter arbetstestet. Hästarna har nog då absorberat vätska från mag-tarmkanalen till plasman efter att de ätit båda foderstaterna.

I denna studie kunde inga skillnader i vattenintag ses och det kan bero på att hästarna som stod i ett utestall inte fick i sig tillräckligt mycket vatten. Vid båda arbetstesttillfällena var det minusgrader ute och vid andra tillfället var det mer än 20 minusgrader. Eftersom hästarna stod i ett utestall frös vattnet i hinkarna under natten och hästarna fick kanske inte dricka tillräckligt mycket vatten som det egentligen hade velat innan vattnet frös. Vattenhinkarna fylldes på på morgonen och hästarna hade då tillgång till att dricka under cirka en timme. Hästarna hade då möjlighet att dricka så mycket vatten som de behövde. Under dagarna vistades hästarna ute i en rasthage utan tillgång till vatten men eftersom det var kallt ute och det fanns en massa snö är det mycket möjligt att hästarna har ätit snö och då fått i sig vatten som inte har kunnat registreras. Därför kan det vara så att vattenintaget som har registrerats inte riktigt stämmer överens med vad det egentligen var.

Kroppsvikten hos hästarna kom inte tillbaka till den ursprungliga nivån efter att hästarna ätit de båda foderstaterna. De återhämtade en stor del av vätskeförlusten men kom ändå inte tillbaka till den ursprungliga kroppsvikten. Anledningen till att de inte återhämtade sig helt och hållet kan vara att vattnet som de drack var så pass kallt på grund av utomhustemperaturen som låg runt 20 minusgrader gjorde att temperaturen på vattnet sjönk snabbt. I en studie gjord av Cunningham *et al.*, (1964) på icke lakterande mjölkkor påverkades vattenintaget av hur kallt vattnet var. När vattnet var 0 °C drack korna en signifikant mindre mängd vatten än om vattnet var 13,9, 26,7 eller 39,4 °C. I samma studie undersökte de även på om smältbarheten på fodret ändrades när korna gavs vatten av olika temperaturer. Där fanns dock ingen signifikant skillnad på smältbarheten på fodret vad gäller TS, energi och råprotein vid de olika vattentemperaturerna. I en studie gjord av Brod *et al.* (1982) på får fick det liknande resultat där temperaturen var som lägst i våmmen efter att fåren hade fått vatten som var 0 °C i jämförelse när vattnet var 10, 20 eller 30 °C. I den studien kunde det ses en liten trend att smältbarheten var lägre på fodret efter att fåren fått vatten som var 0 °C medan pH-värdet i våmmen inte ändrades alls i jämförelse med när temperaturen på vattnet var högre. Vattentemperaturen hade heller ingen effekt på VFA- eller ammonium-N-koncentrationen i våmmen. Resultatet från vår studie kan ha påverkats på liknande sett som i studierna på mjölkorna och fåren. Eftersom vattnet som hästarna drack var mycket kallt är det inte säkert att hästarna druckit tillräckligt med vatten eftersom de i tidigare studier har setts att vattenkonsumtionen är lägre när temperaturen på vattnet är låg. Dessutom kunde det ses en trend till att kallt vatten kan påverka smältbarheten på fodret och att den då var lägre. Om smältbarheten är lägre kan inte hästarna tillgodose sig lika mycket näring och det kan vara därför som inte hästarna har återhämtat sig till den ursprungliga kroppsvikten. För att veta att detta stämmer överens även på hästar behövs vidare studier göras på när vatten ges vid olika temperaturer för att se om vattenintaget och fodersmältningen även hos hästen påverkas.

Enligt resultaten i denna studie drack hästarna tillräckligt mycket vatten under den första återhämtningsdagen för att kompensera vätskeförlusterna under arbetstestdagen. Även fast de drack tillräckligt mycket vatten återhämtade de aldrig viktförlusterna under de dagarna vikten mättes. Varför inte viktförlusterna återhämtade sig kan bero på att smältbarheten på fodret kan vara lägre när hästarna drack kallt vatten. Det kan också bero på att minskar foderintag hos hästarna. Under arbetstestdagen hade hästarna inte tillgång till foder under en stor del av dagen och åt i och med det inte lika mycket som de brukade äta. Några av hästarna lämnade dessutom en del av fodret framförallt grovfodret främst under det första återhämtningsdygnet. Det kan också bero på stora träckförluster.

Osmolaliteten var högre efter att hästarna ätit foderstat (K) i jämförelse med när de ätit foderstat (F). Det fanns en signifikant skillnad mellan foderstaterna efter att hästarna hade

transporterats till kliniken och en tendens till signifikant skillnad vid arbetstestet steg 4. Vid jämförelse av varje enskild häst är osmolaliteten högre efter att hästarna ätit foderstat (K) hos fyra av sex hästar. Plasmaosmolaliteten gick upp efter att hästarna hade transporterats och gjort arbetstestet eftersom hästarna inte hade tillgång till något vatten under dagen och när de sprang på rullmattan svettades de stora mängder och förlorade då vätska. En häst kan förlora upp till 10-15 liter vätska per timme (Carlson, 1987). Eftersom hästarnas svett är hyperton förlorar de även en del elektrolyter när de svettas. Vilket gör att det hade varit en större ökning av osmolaliteten i plasman om inte hästarna hade haft tillgång till vatten (Butudom *et al.*, 2004). Dock förändras osmolaliteten långsamt när förlusten är iso- eller hyperton i jämförelse med när de bara förlorar vatten eller en hypoton vätska för då ökar koncentrationen i plasman snabbare. För att hästarna ska kunna komma tillbaka till samma nivå av osmolaliteten som innan de utförde arbetstestet är det viktigt att de får tillgång till vatten efter och även att det tillsätts salt. Antingen i form av vanligt salt som i den här studien eller i form av en saltlösning med 0.9 % NaCl. Saltet mildrar vätskeförlusterna genom att stimulera ett högre vattenintag. Om hästarna bara får vanligt vatten förlängs återhämningsprocessen eftersom vatten är en hypoton vätska som gör att plasmakoncentrationen späds ut och därmed kan även törsten hämmas och då får hästarna inte i sig tillräckligt mycket vatten (Nyman *et al.*, 1996). Osmolaliteten kan vara större efter att hästarna ätit foderstat (K) i jämförelse med foderstat (F) på grund av att när hästarna äter stora mängder grovfoder finns mer lättillgängligt vatten i tarmen. Mag- och tarmkanalen fungerar som en stor reservoar för vatten och elektrolyter när hästen utför ett fysiskt arbete (Carlson, 1987; Meyer, 1987). Vätska kan då tas från tarmen ut till plasman vilket gör att osmolaliteten inte bör bli lika hög eftersom vätskan gör att plasman späds ut (Connysson *et al.*, 2010). Osmolaliteten återhämtade sig till den ursprungliga nivån redan efter att hästarna transporterats tillbaka till stallet på båda foderstaterna. Det kan bero på att hästarna har kunnat absorbera vätska från mag-tarmkanalen under arbetet och att osmolaliteten då kunde återhämta sig snabbt. Det kan då tyda på att hästarna har kunnat kompensera sina svettförluster genom att absorbera vätska från mag-tarmkanalen.

Det visade sig att det inte var någon signifikant skillnad i total plasmaproteinkoncentration (TPP) efter att hästarna ätit de två olika foderstaterna. Jämförs varje enskild häst visade det sig dock att fyra av sex hästar hade lite högre TPP numeriskt efter att det hade ätit foderstat (K) än när de ätit foderstat (F). Detta stämmer med observationer gjorda av Connysson *et al.* (2010) på samma typ av foderstater. TPP var signifikant högre under arbetstestet fjärde steg och efter arbetstestet i jämförelse med startvärdet när hästarna ätit de båda foderstaterna. Precis som för osmolaliteten är det viktigt att hästarna får i sig tillräckligt mycket vätska efter att hästarna har presterat något. För att få i sig tillräckligt mycket vatten är det bra om de även får i sig en saltlösning för att inte förlänga återhämningsprocessen och att de snabbare kommer tillbaka till samma nivå av plasmaproteiner som innan arbetet (Waller *et al.*, 2009). För att hästen ska kunna återhämta sig på bästa sätt är det också viktigt att hästen har haft tillgång till tillräckligt mycket vatten innan hästen ska prestera något eftersom den då kan absorbera vätska från mag-tarmkanalen samtidigt som den utför ett fysiskt arbete (Carlson, 1987). Hästarna i denna studie hade fri tillgång till vatten innan arbetstesten utfördes. Beroende på vad hästen äter för foder finns olika mycket vätska tillgängligt att absorbera från mag-tarmkanalen för att ersätta en del av vätskeförlusterna (Meyer, 1987). Om vätskeförlusterna kan minskas sker inte en lika stor ökning i den totala plasmaproteinkoncentrationen eftersom hästen inte blir lika uttorkad. Äter hästen en foderstat bestående av mycket grovfoder bör den dricka mer vatten än om den äter en stor andel kraftfoder vilket gör att mer vatten blir tillgängligt vid en grovfoderbaserad foderstat (Danielsen *et al.*, 1995). I studien som Danielsen *et al.* (1995) gjort blev det inte någon större skillnad i TPP efter att de ätit de två foderstaterna och efter att hästarna hade gjort ett

arbetstest. Dock kunde en signifikant skillnad ses när arbetstestet var tuffare utformat. Det tuffare testet bestod av fyra perioder som var 30 minuter långa. Varje period bestod av fem minuters skritt vid 2 m/s, tio minuter vid 8,5 m/s, fem minuters skritt vid 2 m/s och tio minuter vid 8,5 m/s och det var 0 % lutning på rullmattan. Den sammanlagda tiden för arbetstesten var därför 2,5 timmar. Det tuffare testet medförde att hästarna som ätit en kraftfoderbaserad foderstat hade högre TPP än de hästarna som hade ätit störst andel grovfoder. Det tuffare arbetstestet genomfördes under längre tid 2,5 timme i jämförelse med 20 minuter i denna studie. I denna studie genomfördes arbetstestet med en maxhastighet på 8,5 m/s och med 6,3 % lutning på rullmattan medan lutningen var 0 % i det tuffare testet men maxhastigheten var lika stor som i denna studie. Det tuffare testet resulterade i större förluster (omkring 4 % av kroppsvikten). Resultaten i dessa studier tyder då på att viktförlusterna blir större ju längre arbetstesten utfördes eftersom hastigheten var densamma men tiden och lutningen var olika. Under hur lång tid testerna utfördes hade större betydelse för viktförlusterna än vad lutningen på rullmattan hade. Detta stämmer bra med resultaten i den här studien där det inte var några signifikanta skillnader i TPP. För att få en större skillnad i TPP behövs arbetstestet utföras under längre tid eller göras tuffare på annat sätt för att hästarna skulle tappa ännu mer i kroppsvikt. Även fast hästarna har mer vätska tillgängligt i mag-tarmkanalen när de äter en grovfoderbaserad foderstat är det inte säkert att vätskan kan absorberas till plasman eftersom de hydrofila polysackariderna i fibrerna binder till vattnet som då hålls kvar i tarmen och därmed blir det inte någon skillnad i koncentrationen av totalt antal proteiner i plasman mellan de olika foderstaterna (Cuddeford *et al.*, 1992). Den totala plasmaproteinkoncentrationen återhämtade sig till den ursprungliga nivån redan när hästarna hade transporterats tillbaka till stallet efter arbetstestet efter att hästarna ätit de båda foderstaterna. Orsaken till det är antagligen samma som för osmolaliteten att hästarna har kunnat absorbera vätska ifrån mag-tarmkanalen till plasman och blir plasmavolymen större blir antagligen proteinkoncentrationen lägre.

Motion, träning och värmeacklimatisering kan leda till förändringar i hematokrit (Forro *et al.*, 2000) men även uttorkning. När hästen svettas och förlorar vätska blir blodet mer koncentrerat och antalet röda blodkroppar per blodvolym ökar. I denna studie blev det en signifikant ökning i hematokrit när hästarna transporterats och utför arbete i jämförelse med startvärdet. Ökningen sker eftersom det sker en tömning av mjälten på blod vid arbete. Mjälten fungerar som en stor reservoar för blod. Dock fanns det inte någon signifikant skillnad i hematokrit mellan de två olika foderstaterna som användes i denna studie.

Det fanns ingen signifikant skillnad i total vätskevolym eller totalvätskevolym per kg kroppsvikt mellan de två olika foderstaterna. För varken den extracellulära- eller intracellulära vätskevolymen fanns det någon signifikant skillnad efter att hästarna ätit de två olika foderstaterna. I den extracellulära vätskevolymen fanns det en skillnad från startvärdet efter att hästarna ätit foderstat (K) vid återhämtningsdag 3. För den intracellulära vätskevolymen fanns det en signifikant skillnad efter att hästarna ätit foderstat (K) vid återhämtningsdag 3 i jämförelse med startvärdet. Enligt McKeen & Lindinger (2004) och Forro *et al.*, (2000) kan det vara svårt att skatta skillnaden i den totala vätskevolymen under den tidiga återhämtningen eftersom det som hästarna lägger på sig i kroppsvikt sker på grund av att hästen samtidigt har ett intag av foder och vatten och det ger inte en egentlig vinst i totalt kroppsvatten. Skillnader i vätskevolymen mättes inte i denna studie då endast en dubbelfrekvent impedansanalysapparat användes för att mäta impedansen. För att kunna mäta skillnaderna i vätskevolymen behövs en impedansanalysapparat med minst sju frekvenser. Skattningen av den extracellulära vätskevolymen och plasmavolymen stämde mycket bättre överens med det faktiska värdet men vissa värden i studien gjord av McKeen & Lindinger, (2004) skilde så mycket som 12 liter från det faktiska värdet. Dessa variationer kan bero på

skillnader i uträkningen av det mätta värdet och av de parametrar som ingår i ekvationen för att få fram volymerna. Förändringen i vätskevolymen kan mätas med en noggrannhet på 1 % medan det faktiska värdet på volymen kan skilja sig med upp till 6 % från det egentliga värdet. I denna studie användes en dubbelfrekvent impedansanalys apparat. Det hade varit intressant om det gick att mäta förändringar i vätskevolym men för att mäta förändringar i vätskevolymen i de olika kroppsvätskeområdena med impedans behövs en multifrekvent analysapparat med minst sju frekvenser eftersom enkel- dubbel- eller trippelfrekventa apparater inte är tillräckliga för att kunna mäta förändringar i vätskevolymerna. Vid mätning av förändring i vätskevolymen kom Fielding *et al.* (2007) fram till att när de mätte förändringar i vätskevolym med hjälp av multi-frekvent bioelektrisk impedansanalys underskattades värdet på den extracellulära vätskevolymen. Därför kan det vara svårt att veta att det är helt rätt mätresultat som fås fram.

I denna studie har höjden och längden tillsammans med hästens kroppsvikt använts. Längden bör mätas genom kroppens längd mellan de två elektroderna. Det kan vara svårt att mäta längden exakt eftersom hästarna inte står exakt likadant hela tiden (Fielding *et al.*, 2004). I studien gjord av Forro *et al.*, (2000) användes också höjden och längden. Där kom de fram till att höjden och längden var bättre att använda istället för vikten eftersom de är konstanta medan kroppsvikten ändras snabbt beroende på vätskestatus och vad och när hästen har ätit. I denna studie har samma värde på höjd och längd använts vid varje mättillfälle.

En konsekvent och korrekt placering av elektroderna är mycket viktig för att få ett korrekt mätresultat (Waller & Lindinger, 2006). När elektroderna placeras ovanför carpus och ovanför hasen blir det ett bättre mätresultat i jämförelse med när elektroderna placeras ovanför och under carpus och ovanför och under hasen. Fästs de ovanför carpus och has blir det inte lika stora felmarginaler som kan uppkomma i carpus och has då de är svullna eller är inflammerade (Forro *et al.*, 2000).

Att mäta hästens vätskevolym med hjälp av bioelektrisk impedansanalys är en snabb och icke invasiv metod. Den är lätt att utföra och endast en person behöver närvara. Utrustningen är liten och lätt att transportera och kan därför tas med om hästarna transporteras till exempel när de ska på tävling (Latman *et al.*, 2010). I denna studie kändes det som om resultaten av den bioelektriska impedansanalysen inte stämde helt överens med vad vätskevolymen var i verkligheten. Det kan bero på att det var flera olika personer som utförde analyserna och inte var riktigt lika noggranna eller att hästarna inte stod helt still när analysen genomfördes. Stod inte hästarna helt stilla var det svårt att få tre exakt likadana värden.

SLUTSATS

Det fanns inte några signifikanta skillnader i återhämtningen efter att hästarna ätit de båda foderstaterna. Både osmolaliteten och TPP gick tillbaka till ursprungsvärdet ungefär lika snabbt. Under arbetstestdagen var osmolaliteten signifikant högre ($p < 0,05$) efter att hästarna ätit foderstat (K) än när de ätit foderstat (F). I TPP kunde ingen signifikant skillnad ses dock fanns en numerisk skillnad hos fyra hästar där TPP var högre efter att hästarna ätit foderstat (K) än när de ätit foderstat (F). Kroppsvikten kom inte tillbaka till ursprungsnivån efter att hästarna hade ätit någon av foderstaterna under 4 dagar. För att få exakt värde på hur lång tid det tog att återhämta kroppsvikten hade den behövt mätas ett par dagar till.

TACK TILL

Jag skulle först och främst tacka min handledare Anna Jansson för all hjälp och svar på alla frågor jag har haft. Sen vill jag tacka mina vänner och min pojkvän som stöttat mig och läst

arbetet när det har behövts. Tack även till Håkan på Kungsängen som hjälpte mig att analysera osmolaliteten. Och sen vill jag även tacka Urbans hästtransportörer som körde hästarna till och från Mälarkliniken under arbetstestdagarna.

REFERENSLISTA

- Advanced instruments inc. 2006. Bruksanvisning för Advanced® Osmometer modell 3250. Two Technology Way/ 781-320-9000 Norwood, Massachusetts 02062, USA, 800-225-4034. Pp. 1-105
- Al Jassim, R.A.M., Andrews, F.M. 2009. The bacterial community of the horse gastrointestinal tract and its relation to fermentative acidosis, laminitis, colic, and stomach ulcers. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 25, 199-215.
- Andersson, B. 1971. Thirst and brain control of water balance. *American scientist* 59, 408-415.
- Andersson, B. 1978. Regulation of water intake. *Physiological Review* 58, 582-603.
- Andrews, F.M., Nadeau, J.A., Saabye, L., Saxton, A.M. 1997. Measurement of total body water content in horses using deuterium oxide dilution. *American Journal of Veterinary Research* 58 (10), 1060-1064.
- Berglund, G. Maj 2011. Personligt meddelande. SMHI.
- Blaxter, K. 1989. Energy metabolism in animals and man. Cambridge university press, Cambridge, 256-280.
- Boyd, L.E., Carbanaro, D.A., Houpt, K.A. 1988. The 24-hour time budget Przewalski horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 21,5-17.
- Boyd, L., Bandi, N. 2002. Reintroduction of takhi, *Equus ferus przewalskii*, to Hustai National Park, Magnolia: time budget and synchrony of activity pre- and post-release. *Applied Animal Behaviour Science* 78, 87-102.
- Brod, D.L., Bolsen, K.K., Brent, B.E. 1982. Effect of water temperature in rumen temperature, digestion and rumen fermentation in sheep. *Journal of Animal Science* 54, 179-182.
- Brøkner, C., Nørgaard, P., Hansen, H.H. 2008. Effect of feed type and essential oil product and equine chewing activity. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 92, 621-630.
- Butudom, P., Axiak, S.M., Nielsen, B.D., Eberhart, S.W., Schott II, H.C. 2003. Effect of varying initial drink volume on rehydration of horses. *Physiology & Behavior* 79, 135-142.
- Butudom, P., Barnes, D.J., Davis, M.W., Nielsen, B.D., Eberhart, S.W., Schott II, H.C. 2004. Rehydration fluid temperature affects voluntary drinking in horses dehydrated by furosemide administration and endurance exercise. *The Veterinary Journal* 167, 72-80.
- Carlson, G.P. 1979. Physiologic responses to endurance exercise. *Proceedings of the annual convention of the American association of equine practitioners* 25, 459-468.
- Carlson, G.P., Harrold, D., Rumbaugh, G.E. 1979. Volume dilution of sodium thiocyanate as a measure of extracellular fluid volume in the horse. *American Journal of Veterinarian Research* 40, 587-589.
- Carlson, G.P. 1987. Haematology and body fluids in the equine athlete: a review. In: Gillespie J.R. & Robinson N.E (eds.) *Equine Exercise Physiology* 2, 393-425.
- Carroll, C.L., Huntington, P.J. 1988. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Veterinary Journal* 20, 41-45.
- Chumlea, W.C., Guo, S.S. 1994. Bioelectrical impedance and body composition: Present status and future direction. *Nutrition Reviews* 52: 123-31, 323-325.
- Connysson, M., Muhonen, S., Lindberg, J.E., Essén-Gustavsson, B., Nyman, G., Nostell, K., Jansson, A. 2006. Effects on exercise response, fluid and acid-base balance of protein intake from forage-only diets in standardbred horses. *Equine Veterinary Journal Supplement* 36, 648-653.
- Connysson, M. 2009. Fluid Balance and metabolic response in athletic horses fed forage diets. Licentiate thesis. Swedish university of agricultural sciences. Department of animal nutrition and management.
- Connysson, M., Essén-Gustavsson, B., Lindberg, J-E., Jansson, A. 2010. Effects of feed deprivation on Standardbred horses fed a forage-only diet on a 50:50 forage-oats diet. *Equine Veterinary Journal* 42 Supplement 38, 335-340.

- Cuddeford, D., Woodhead, A., Muirhead, R. 1992. A comparison between the nutritive value of short-cutting cycle, high temperature-dried alfalfa and thimoty hay for horses. *Equine Veterinary Journal* 24, 84-89.
- Cunningham, M.D., Martz, F.A., Merilan, C.P. 1964. Effect of drinking-water temperature upon ruminant digestion, intraruminal temperature and water consumption of nonlactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 47 (4), 382-385.
- Cymbaluk, N.F. 1989. Water balance of horses fed various diets. *Equine practice* 11, 19-24.
- Daly, K., Stewart, C.S., Flint, H.J., Shirazi-Beechy, S.P. 2001. Bacterial diversity within the equine large intestine as revealed by molecular analysis of cloned 16S rRNA genes. *FEMS Microbiology Ecology* 38, 141-151.
- Danielsen, K., Lawrence, L.M, Siciliano, P., Powell, D., Thompson, K. 1995. Effect of diet on weight and plasma variables in endurance exercised horses. *Equine Veterinary Journal Supplementation* 18, 372-377.
- Duncan, P. 1980. Time-budgets of Camargue horses. II. Time-budgets of adult horses and weaned sub-adults. *Behaviour*, 72, 26-49.
- Ellis, J.M., Hollands, T., Allen, D.E. 2002. Effect of forage intake on bodyweight and performance. *Equine Veterinary Journal Supplement* 34, 66-70.
- Fielding, L.C., Magdesian, G., Elliott, D.A., Cowgill, L.D., Carlson, G.P. 2004. Use of multifrequency bioelectric impedance analysis for estimation of total body water and extracellular and intracellular fluid volumes in horses. *American Journal of Veterinary Research* 65 (3), 320–326.
- Fielding, C.L., Magdesian, K.G., Carlson, G.P., Ruby, R.E., Rhodes, D.M. 2007. Estimation of acute fluid shifts using bioelectrical impedance analysis in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 21, 176-183.
- Fonnesbeck, P.V. 1968. Consumption and excretion of water by horses receiving all hay and hay-grain diets. *Journal of Animal Science* 27, 1350-1356.
- Forro, M., Cieslar, S., Ecker, G.L., Walzak, A., Hahn, J., Lindinger, M.I. 2000. Total body water and ECFV measured using bioelectrical impedance analysis and indicator dilution in horses. *Journal of Applied Physiology* 89, 663-671.
- Hoffer, E.C., Meador, C.K., Simpson, D.C. 1969. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology* 27, 531- 534. R
- Hower, M.A., Potter, G.D., Greene, L.W., Coast, J.R., Welsh Jr., T.H. 1995. Plasma aldosterone and electrolyte concentrations in exercising thoroughbred horses fed two diets in summer and winter. *Equine Nutrition and Physiology Society*. Refereed papers from the 14th symposium. Volume 15, Number 10, 445-451.
- Hyypä, S. 2005. Endocrinal responses I exercising horses. *Livstock Production Science* 92, 113-121.
- Jansson, A. 1999. Sodium and potassium regulation: with special reference to the athletic horse. *Acta universitatis agriculturae Suecuae, Agraria*, 179. Swedish university of Agriculture Science, Uppsala, Sweden.
- Jansson, A., Rundgren, M., Lindberg, J.E., Ronéus, M., Hedendahl, A., Kjellberg, L., Lundberg, M., Palmgren-Karlsson, C., Ekström, K. 2004. Riktlinjer för hästens dagliga utfodring. In: *Utfodringsrekommendationer för häst*. Pp. 24-25. SLU Service/Repro, Uppsala.
- Jansson, A. April 2011. Personligt meddelande. Universitetslektor vid institution Husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruks Universitet, SLU.
- Julian, L.M., Lawrence, J.H., Berlin, N.I., Hyde, G.M. 1956. Blood volume, body water and body fat of the horse. *Journal of Applied Physiology* 8, 651-653.
- Julliand, V., de Fombelle, A., Drogoul, C., Jacotot, E. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: Part 3- effects of three hay-grain rations on microbial profile and activities. *Journal of Equine Veterinary Science* 21, 543-546.

- Kienzle, E., Radicke, S., Landes, E., Kleffken, D., Illenseer, M., Meyer, H. 1994. Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 72, 234-241.
- Kronfeld, D.S. 1996. Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance, under hot and human conditions. *Equine Veterinary Journal supplementation* 22, 25-34.
- Kusunose, R. 1992. Diurnal pattern of cribbing in stabled horses. *Japanese Journal of Equine Science* 3, 173-176.
- Latman, N.S., Keith, N., Nicholson, A., Davis, M. 2010. Bioelectrical impedance analysis determination of water content and distribution in the horse. *Res. Veterinary Science* (2010), doi:10.1016/j.rvsc.2010.07.012.
- Martin-Rosset, W., Dulphy, J.P. 1987. Digestibility interactions between forages and concentrates in horses: Influence of feeding level – Comparison with sheep. *Livestock Production Science* 17, 263-276.
- MacLeay, J.M., Sorum, S.A., Valberg, S.J., Marsh, W.E., Sorum, M.D. 1999. Epidemiologic analysis of factors influencing exertional rhabdomyolysis in thoroughbreds. *American Journal of Veterinary Research* 60, 1562-1566.
- MacLeay, J.M., Valberg, S.J., Pagan, J.D., Jinliang, L.X., De La Corte, F.D., Roberts, J. 2000. Effect of ration and exercise on plasma creatine kinase activity and lactate concentration in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. *American Journal of Veterinary Research* 61, 1390-1395.
- McKeen, G., Lindinger, M.I. 2004. Prediction of hydration status using multi-frequency bioelectrical impedance analysis during exercise and recovery in horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology* 1(3), 199-209.
- McKeever, K.H., Schurg, W.A., Convertino, V.A. 1988. A modified evans blue dye method for determining plasma volume in the horse. *Journal of Veterinary Science* 8 (3), 208-212.
- McKeever, K.H., Hinchcliff, K.W. 1995. Neuroendocrine control of blood volume, blood pressure and cardiovascular function in the horse. *Equine Veterinary Journal Supplement* 18, 77-81.
- Meyer, H. 1983. The pathogenesis of disturbances in alimentary tract in the horse in the light of newer knowledge of digestive physiology. *Proceedings of Horse Nutrition Symposium, Uppsala*, 95-109.
- Meyer, H. 1987. Nutrition of the equine athlete. In: *Equine exercise Physiology* 2. Eds: J.R. Gillespie and N.E. Robinson. ICEEP Publications, Davis, California, USA, pp 644-673.
- Muhonen, S., Lindberg, J.E., Bertilsson, J., Jansson, A. 2009. Effects on fluid balance, digestion and exercise response in Standardbred horses fed silage, haylage and hay. *Comparative Exercise Physiology* 5 (3-4), 133-142.
- Nyman, S., Jansson, A., Dahlborn, K., Lindholm, A. 1996. Strategies for voluntary dehydration in horses during endurance exercise. *Equine Veterinary Journal, Supplement* 22, 99-106.
- Nyman, S. 2001. Water intake and fluid regulation in the horse. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Veterinaria* 98. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens fysiologi. Doktorsavhandling.
- Pagan, J.D., Harris, P.A. 1999. The effects of timing and amount of forage and grain on exercise response in Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal Supplementation* 30, 451-457.
- Planck, C., Rundgren, M. 2003. Den naturliga hästen, Grovfoder, Bete. In: *Hästens näringsbehov och utfodring*, 9-22, 106-112, 127-141. Natur och Kultur/LTs förlag.
- Poore, M.H., Moore, J.A., Swingle, R.S. 1990. Differential passage rates and digestion of neutral detergent fiber from grain and forages in 30, 60, and 90 % concentrate diets fed to steers. *Journal of Animal Science* 68, 2965-2973.
- Redbo, I., Redbo-Torstensson, P., Ödberg, F.O., Hedendahl, A., Holm, J. 1998. Factors that affecting behavioural disturbances in race-horses. *Animal Science* 66, 475-481.

- Segal, K.R., Burastero, S., Chun, A., Coronel, Pierson Jr, R.N., Wang, J. 1991. Estimation of extracellular and total body water by multiple frequency bioelectrical-impedance measurement. *The American Journal of Clinical Nutrition* 54, 26-29.
- Sergi, G., Bussolotto, M., Petrini, P., Calliari, I., Giantin, V., Ceccon, A., Scanferla F., Bressan, M., Moschini, G., Enzi, G. 1994. Accuracy of bioelectrical impedance analysis in estimation of extracellular space in healthy subjects and in fluid retention states. *Annals of Nutrition and Metabolism* 38, 158-165.
- Siconolfi, S.F., Gretebeck, R.J., Wong, W.W., Pietrzyk, R.A., Suire, S.s. 1997. Assessing total body and extracellular water from bioelectrical response spectroscopy. *Journal of Applied Physiology* 82, 704-710.
- Sjaastad, Ø.V., Hove, K., Sand, O. 2003. The Kidneys and the urinary tract. In: *Physiology of domestic animals*, 429-474. Scandinavian veterinary press, Oslo.
- Sweeting, M.P., Houpt, C.E., Houpt, K.A. 1985. Social facilitation of feeding and time budgets in stabled ponies. *Journal of Animal Science* 60, 369-374.
- Tinker, M.K., White, N.A., Lessard, P., Thatcher, C.D., Pelzer, K.,D., Davis, B., Carmel, D.K. 1997. Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Veterinary Journal* 29, 454-458.
- Verveurt, I., Coenen, M., Bothe, C. 2003. Effects of oat processing on the glycaemic and insulin response in horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 87, 96-104.
- Ha Hydration of exercised Standardbred racehorses assessed noninvasively using multi-frequency bioelectrical impedance analysis. *Equine Veterinary Journal Supplement* 36, 285-290.
- Waller, A.P., Heigenhauser, G.J.F., Geor, R.J., Spriet, L.L., Lindinger, M.I. 2009. Fluid and electrolyte supplementation after prolonged moderate-intensity exercise enhances muscle glycogen resynthesis in Standardbred horses. *Journal of Applied Physiology* 106, 91-100.
- Willard, J.G., Willard, J.C., Wolfram, S.A., Baker, J.P. 1977. Effect of diet on cecal pH and feeding behavior of horses. *Journal of Animal Science* 45, 87-93.

| Nr | Titel och författare | År |
|-----|---|------|
| 347 | Effekten av suggans näringsstatus på fostertillväxt och smågrisöverlevnad The effect of the metabolic state of the sow on foetal growth and piglet survival 15 hp C-nivå Sophia Isberg | 2011 |
| 348 | Lungmask och löpmagsnematod hos nötkreatur Lungworm and gastrointestinal nematode in cattle 15 hp C-nivå Veronika Stennemark | 2011 |
| 349 | Infektionssjukdomen kolibacillos hos värphöns – orsaker till uppkomst och åtgärder för reducerad utbrottsrisk The infectious disease colibacillosis in laying hens – causes of emergence and actions to reduce the risk of outbreaks 15 hp C-nivå Sofia Holmberg | 2011 |
| 350 | Effekt av spensugande kvigor samt dess effekt på mjölk-körteln Effect of intersucking and its impact on the mammary gland 15 hp C-nivå Caroline Eriksson | 2011 |
| 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 |

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 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.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
