

Traktkilars inverkan på hovens glukos- och laktatmetabolism

Hanna Borg

**Handledare: Ove Wattle
Inst. för Kliniska Vetenskaper
Biträdande handledare: Christopher Johnston
Universitetsdjursjukhuset**

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Summary	1
Introduktion	2
Mål.....	3
Material och Metoder	3
Resultat	5
Laktat	5
Glukos.....	7
Diskussion.....	9
Litteraturförteckning	12

SAMMANFATTNING

Hästens hov manipuleras ofta i avsikt att åstadkomma ett förbättrat steg och att minska belastningen av skadad vävnad. Hovens levande vävnader kan inte lagra socker i form av glykogen och är, liksom många andra kroppsvävnader, beroende av en kontinuerlig glukostillförsel för sin energiproduktion. Målet med studien var att se om en uppkilning av trakten påverkade hovens glukos och laktat konsumtion/produktion i samband med arbete.

Fem stycken varmblodiga travare tränades till att trava på rullmatta utan att bli fysiskt eller psykiskt trötta. Inför försöket lades permanentkatetrar i *vena digitalis lateralis* (digitalven), *vena jugularis* (jugularven) och *arteria temporalis superficialis* (facialisartär). I lottad ordning sprang hästarna i tre omgångar på rullmattan med antingen en hög kil, en låg kil eller ingen kil alls. Före och efter varje omgång togs blodprover simultant från permanentkatetrarna. Blodproverna analyserades med avseende på glukos och laktat.

Ingen signifikant skillnad kunde ses i laktat eller glukosnivåer av att hästarna sprang med traktkilar på rullmattan. På glukosvärdena sågs en trend, som var nära att ge signifikans, i det att den höga kilen orsakade den största minskningen i det arteriella blodets glukosnivå. Den övergripande totala trenden var att laktatproduktionen ökade vid arbete på rullmattan medan glukosnivåerna minskade. Relativt sett var det en mindre laktatökning i hoven än i övriga kroppen. Att hästarna sprang på rullmattan medförde i sig en signifikant skillnad i laktatnivåerna men vilken slags kil de hade på sig spelade ingen roll. Laktatvärdena var i likhet med tidigare studier signifikant högre i hoven än i både jugular och facialisartärblodet.

SUMMARY

The equine hoof is often manipulated in purpose to achieve a better stride or to reduce the weight on damaged tissue. The living tissue in the hoof can't store energy as glycogen and is therefore depending on a continuous supply of glucose for its energy production. The purpose of the study was to determine if wedging (i.e. elevating) the heel could influence the hooves glucose and lactate consumption/production.

Five standardbred horses were trained to trot on a treadmill without getting physical or mentally tired. Before the experiment started three catheters were placed in *vena digitalis lateralis* (digital vein), *vena jugularis* (jugular vein) and *arteria temporalis superficialis* (facial artery). The horses trotted for three periods each on the treadmill with a high heel wedge, a low heel wedge or with a standard horseshoe in a randomized order. Blood was, simultaneously, collected via the catheters before and after each period. The blood was analyzed with reference to glucose and lactate.

There was no significant difference in lactate or glucose as a result of exercising with heel wedges. However, the overall trend was that the lactate production increased with work while the glucose levels were reduced. A trend could also be seen in the glucose values in that the high heel wedge gave the largest reduction in glucose in the artery blood. It was relatively seen a smaller increase in the lactate

levels in the hoof than in the rest of the body. The amount of exercise gave significant difference in lactate levels, i.e. the fact that the horses were running on the treadmill gave significance but which wedge they used made no difference. The lactate levels were at all sampling occasions significantly higher in digital venous blood than in blood from the jugular vein and the facial artery.

INTRODUKTION

Rörelsen i och belastningen av det nedre benet påverkas av faktorer som benställning, hovform samt beslagets och underlagets karaktär. (Barrey *et al.* 1991; Willemen *et al.* 1999; Roepstorff *et al.* 1999; Pardoe *et al.* 2001).

Skador i det distala benet är den vanligaste orsaken till hälta hos häst. För att minska risken för skador är det av avgörande betydelse för hästen att dess hovar kan anpassa sig till underlag och belastning. För att klara av detta och för att kunna kompensera för slitage krävs det att hovkapselns levande celler både kan utföra ett biomekaniskt arbete och proliferera. Det förra gäller även för den angränsande läderhudens celler. För att kunna utföra ett arbete behöver cellerna tillgång till energisubstrat. Trots att energibehovet för denna del av hästens rörelseapparat är uppenbar och det vore av stor betydelse för hästsportens utveckling att få reda på hur hela hästens metabolism påverkas av arbete och vila så har tidigare forskning i området i huvudsak fokuserats på gluteus muskulaturens metabolism.

Glukos som tas upp från blodet är den huvudsakliga energikällan för kroppens celler. Hoven är rikt kärlförsörjd men genomblödningen påverkas av hur hoven belastas i det att blodkärl trycks samman. Hovens levande vävnader kan inte lagra socker i form av glykogen utan är, liksom många andra kroppsvävnader, beroende av en kontinuerlig glukostillförsel för sin energiproduktion. Hovens lameller och blodkärl kan utvinna energin genom både aerob och anaerob metabolism. Genom att jämföra nivån av glukos och laktat (mjölksyra) i det arteriella blodet med det venösa dränaget från kroppsdelar kan man få en indikation på om sockret förbränts aerobt eller anaerobt.

Den normala hästhoven kan konsumera glukos och producera laktat. I vila är det visat att hästens hov har en glukoskonsumtion som överskrider den i dess huvud (Wattle and Pollit 2006). Då hoven inte kan lagra glykogen så beror den ökade glukoskonsumtionen på glykolys och oxidering. Laktat har tidigare betraktats som en biprodukt (Huckabee 1958) men idag ses laktat mer som en viktig metabolit som i syrerik miljö även kan användas till energiproduktion (Wattle and Pollitt 2006). Hoven har i vila visat sig vara en nettoproducent av laktat, det vill säga att laktatnivån i hovens venösa återflöde överskrider den i arteriellt blod (Wattle and Pollit 2006). Detta visar att hovens levande vävnader kan metabolisera glukos till laktat (Wattle and Pollitt 2004) och att den i vila till viss del använder glykolys för att få energi.

Hästens hovar manipuleras ofta i avsikt att åstadkomma ett förbättrat steg eller att minska belastningen av skadad vävnad. Utöver detta används ofta traktbroddar som skärpningsmedel för att minska risken för att hästen skall halka på olika underlag. Att höja trakten ökar belastningen i den bakre delen av hoven (Wilson *et*

al. 1998). En sådan belastningsförändring skulle teoretiskt kunna innebära en försämrad genomblödning av hovens bakre delar och därmed en ändrad metabolisk situation för hovens levande vävnader. Det har inte tidigare rapporterats om en förändring i hovens belastning kan påverka genomblödningen i en sådan grad att hovens glukosmetabolism märkbart påverkas.

MÅL

Hypotes: En häst som travas med kilad trakt belastar hoven på ett sådant sätt att genomblödningen, och därmed även hovens metabolism, påverkas.

Syfte: Undersöka om en ändrad traktvinkel på ett mätbart sätt kunde påverka glukos- och laktatnivåerna i hovens venösa återflöde hos arbetande hästar.

MATERIAL OCH METODER

Fem stycken varmblodiga travare (undervisningshästar) i åldern fem till sjutton år och med vikt mellan 449 kg och 539 kg ingick i studien. Hästarna tränades 2 ggr/vecka under två månaders tid till att kunna skritta och trava på rullmatta^a, i upp till 8 m/s, under ett par minuter utan att bli fysiskt eller psykiskt trötta. Arbetspassen var totalt 20 minuter långa varav 10 minuter i skritt och 10 minuter i trav. Efterhand som hästarna fick bättre kondition så ökades lutningen på rullmattan från 0 grader upp till 2,5 graders lutning. Hästarna visade före och under försöket inga tecken på hälta i trav på rakt spår. Inga böjprov utfördes.

Alla hästarna hade två skoperioder med järnskor av standardmodell före studiens början. Alla skoningarna utfördes av samma hovslagare. Då studien provtagningsmässigt var begränsad till frambenen så hade inte alla hästarna skor på bakhovarna. Traktkilarna av järn, 6,2 mm (K1) respektive 10,7 mm (K2) höga skruvades fast i framskornas traktdroddhål med hjälp av en nedsänkt skruv (Figur 1). Kilarna vägde i medeltal 26,3 g (K1) samt 64,3 g (K2). Den längre skruven som användes till K2 vägde 12 g och den kortare skruven som användes till K1 vägde 9,6 g.



Figur 1. Sko med traktkil.

Försöket, som utfördes under tre dagar, var upplagt som ett så kallat change-over-försök vilket innebar att varje häst i lottad ordning fick prova var och en av de olika ”behandlingarna” vilka utgjordes av arbete utan kil (UK), arbete med K1 samt arbete med K2. Permanentkatetrar lades i *vena digitalis lateralis* (digitalven), *vena jugularis* (jugularven) och *arteria temporalis superficialis* (facialisartär) femton till sextio minuter före det att hästen kördes på rullmattan. Området för katetrarna rakades samt lokalbedövades med Emlakräm^{®b} före iläggandet av katetrarna. Permanentkatetern i den laterala palmara digitalvenen, Infuvein^c 1,3 mm x 45 mm, lades i höjd med kotleden efter subcutan lokalbedövning med carbocain^{®d} och att en stas anlagts under carpus. Stasen låg som längst på i två minuter. I jugularvenen lades en Mila^e kateter storlek 14 ga x13 cm. I facialisartären lades en permanentkateter av typ BD Insyte Autoguard^f, 1,1x 30 mm. Samtliga katetrar suturerades fast med 2-0 supramid^g.

Utan föregående uppvärmning kördes varje häst i hastigheterna, 4,0 m/s, 5,0 m/s, 6,0 m/s, 7,0 m/s samt 8,0 m/s. Hastigheten höjdes stegvis och hästarna kördes i varje hastighet endast så länge att de kom in i en taktfast och rytmisk trav. Hästarna hade efter en lottad ordning antingen inga kilar på sig (UK), K1 eller K2 och de fick vila 20 minuter mellan varje körning.

Från fyra av hästarna togs blod sex gånger från respektive permanentkateter vilket innebar 18 stycken blodprover/häst. Tre personer tog simultant blodprov från permanentkatetrarna i samband med vilan före varje lottad serie och direkt efter varje avslutad travserie. Från den femte hästen togs det endast blod från vid fyra tillfällen; i vila före första serien och därefter endast efter varje avslutad serie. Inga blodprover togs därmed i vila före K1 serien och K2 serien. Det innebar totalt 12 stycken blodprover från den hästen. Blodet samlades i Lithium Heparinrör^h och centrifugerades inom en timme efter provtagningen. Plasman pipetterades av och frystes ner till -70°C i väntan på analys.

Blodproven analyserades med avseende på plasmalaktat och glukos vid institutionen för kliniska vetenskaper, SLU. Laktat analyserades med hjälp av Analox instruments GM7ⁱ och Lactate II reagent^j. Glukos analyserades i Konelab 30i^k med ett Konelab Glucose (HK)^l kit.

Laktat och glukosvärdena bearbetades först i Microsoft Office Excel för att därefter analyseras och tolkas vid avdelningen för biometri och statistik, SLU. Statistisk bearbetning utfördes med blandade statistiska modeller, ”mixed models” (Littell *et al* 1996). I detta fall användes SAS-proceduren Mixed (SAS, 2004). För bedömning av det signifikanta samspelet mellan de olika parametrarna plottades medelvärdena i ett flertal diagram så att lutningen på linjerna kunde jämföras och därmed kunde trenderna läsas ut.

Hantering och användandet av hästarna i studien har godkänts av Uppsala försöksdjursetiska nämnd. Diariern C 7/7.

RESULTAT

Laktat

Ingen signifikant skillnad kunde ses i laktatnivåerna med avseende på vilken "behandling" som användes, det vill säga UK, K1 eller K2, och tiden som hästarna sprang på rullmattan ($p < 0,3095$), se tabell 1. Bortsett från när hästarna sprang utan kil, så var trenden den att laktatnivåerna ökade på samtliga mätpunkter vid arbete (tabell 2 och figur 2). När hästarna sprungit med kilar var laktatökningen relativt sett mindre i digitalvenens blod än i jugular- och artärblod. Tidslängden hästarna sprang på rullmattan medförde i sig en signifikant skillnad ($*p < 0,0046$) i laktatnivåer men vilken slags kil de hade på sig spelade ingen roll. från de olika omgångarna/tiderna som hästarna sprang. Om ingen hänsyn togs till den slumpade ordningen av "behandlingarna" visade jämförelse av medelvärdena (tabell 3) att laktatproduktionen ökade vid arbete. Den högsta ökningen av laktat i jugularblod (figur 3) uppmättes första omgången hästarna sprang på rullmattan oavsett kil.

Digitalvensblod innehöll vid alla provtagningstillfällen signifikant ($*p < 0,0001$) mer laktat än arteriellt blod och jugularvensblod. Ingen signifikant skillnad förelåg mellan artärblod och jugularvensblod. Ingen av behandlingarna medförde någon signifikant förändring i blodlaktatnivåerna i respektive kärl som provtogs.

Tabell 1. Skillnad mellan laktat och nedanstående parametrar: signifikans ($*p < 0,05$)

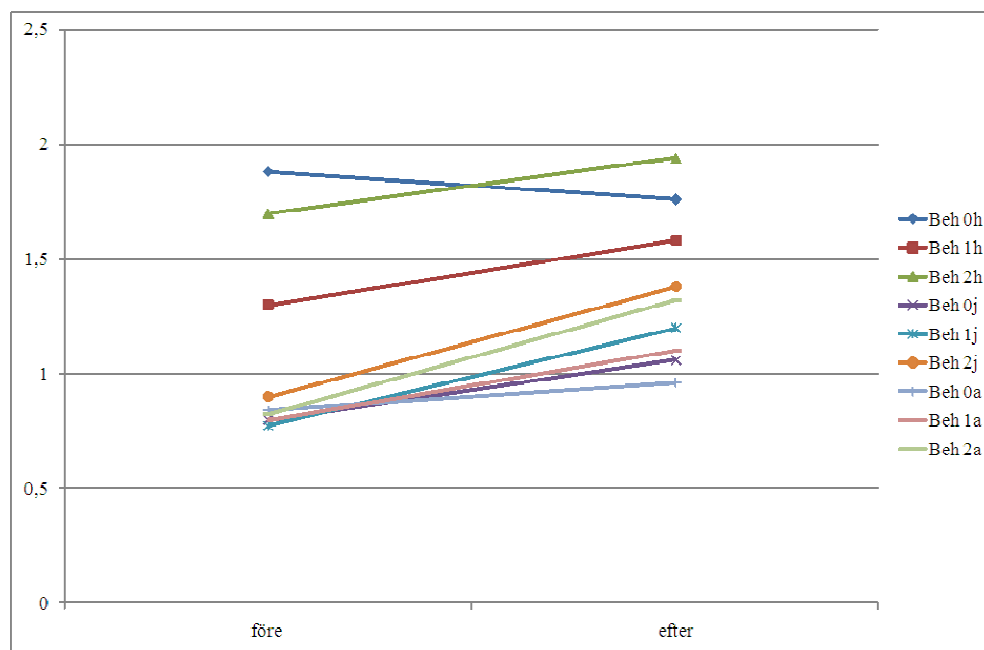
Behandling	0,2386
Tid	0,0046
Behandling*tid	0,3095
Plats	<0,0001
Behandling*plats	0,5670
Plats artär-hov	<0,0001
Plats artär-jugular	0,7226
Plats hov-jugular	<0,0001

Tabell 2. Medelvärden i laktat (mmol) och "behandlingar"

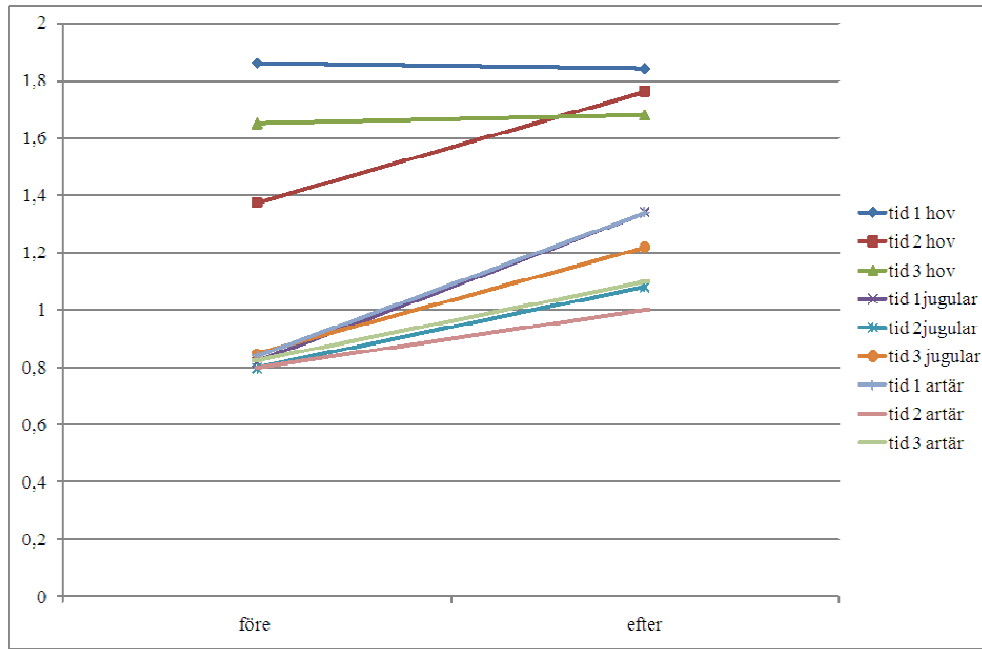
	Före	Efter
Behandling 0 hov	1,88	1,76
Behandling 1 hov	1,30	1,58
Behandling 2 hov	1,70	1,94
Behandling 0 jugular	0,80	1,06
Behandling 1 jugular	0,775	1,20
Behandling 2 jugular	0,90	1,38
Behandling 0 artär	0,84	0,96
Behandling 1 artär	0,80	1,10
Behandling 2 artär	0,825	1,32

Tabell 3. Medelvärde i laktat (mmol) och tid

	Före	Efter
Tid 1 hov	1,86	1,84
Tid 2 hov	1,375	1,76
Tid 3 hov	1,65	1,68
Tid 1 jugular	0,82	1,34
Tid 2 jugular	0,80	1,08
Tid 3 jugular	0,85	1,22
Tid 1 artär	0,84	1,34
Tid 2 artär	0,80	1,00
Tid 3 artär	0,825	1,10



Figur 2. Trend hos laktat (mmol) i hov, artär och jugularblod som effekt av tiden och "behandlingarna".



Figur 3. Trend hos laktat (mmol) i hov, artär och jugularblod som effekt av tiden.

Glukos

Signifikans (* $p < 0,0003$) sågs mellan tiden och glukos (tabell 4), det vill säga det faktum att hästarna sprang på rullmattan gav en signifikant minskning i blodglukosnivån. Den största minskningen av glukos i artärblod sågs i samband med första omgången de sprang på rullmattan. Jämförelse av medelvärdena (tabell 5) från de olika omgångarna/tiderna som hästarna sprang (ingen hänsyn togs till den slumpade ordningen av "behandlingarna" då dessa inte gav någon signifikans) visade att glukoskonsumtionen ökade vid arbete (figur 4).

Ingen signifikans kunde ses mellan tiden (att hästarna sprang) och platserna för glukosmätningarna ($p < 0,6195$). De olika "behandlingarna" gav inte någon signifikant effekt på glukosvärdena ($p < 0,209$) men det kunde ses en trend ($p < 0,0896$) i kopplingen mellan "behandlingarna", tiden och glukos. Trenden visade att minskningen i glukos var störst i artärblodet till följd av behandling 2, d.v.s. K2. Vid jämförelse av medelvärdena, (tabell 6) för de olika "behandlingarna" (figur 5) sågs den övergripande trenden vara minskade glukosnivåer på samtliga mätpunkter med undantag för behandling 1, det vill säga K1, i digitalven och jugularblod.

Tabell 4. Skillnad mellan glukos och nedanstående parametrar: signifikans (* $p < 0,05$)

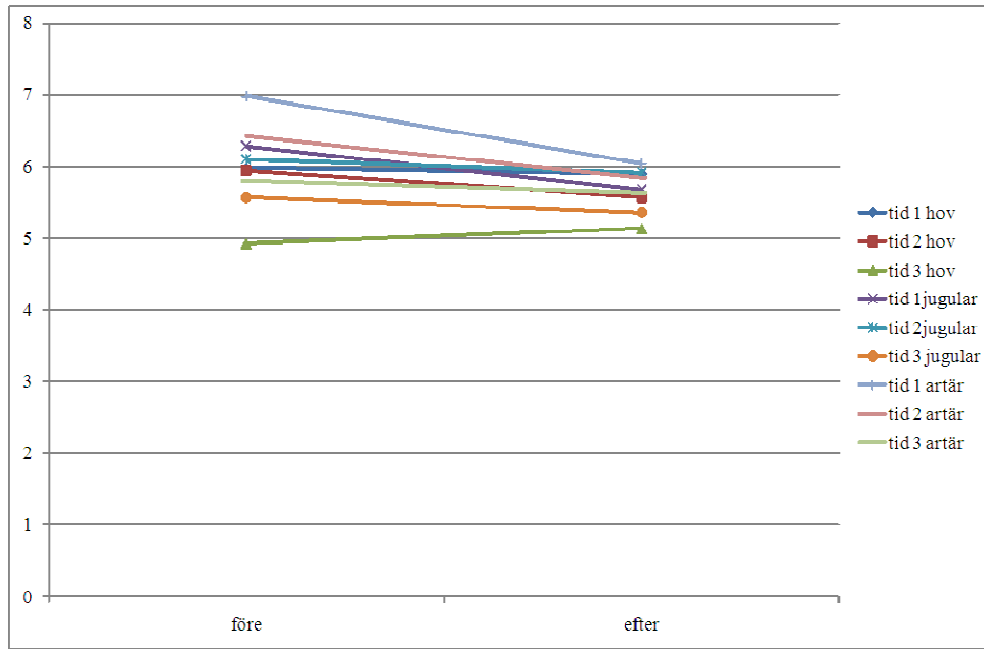
Behandling	0,2090
Tid	0,0003
Behandling*tid	0,0896
Plats	0,6195
Behandling*plats	0,9431
Plats artär-hov	0,3448
Plats artär-jugular	0,4947
Plats hov-jugular	0,7920

Tabell 5. Medelvärde i glukos (mmol) och tid

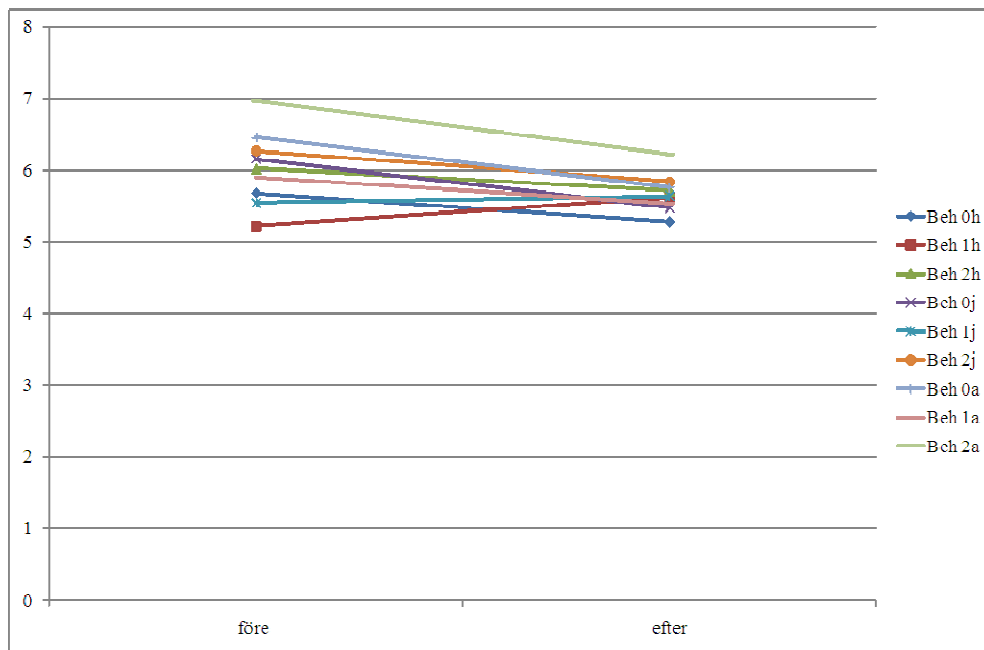
	Före	Efter
Tid 1 hov	5,98	5,90
Tid 2 hov	5,95	5,58
Tid 3 hov	4,925	5,14
Tid 1 jugular	6,28	5,68
Tid 2 jugular	6,10	5,92
Tid 3 jugular	5,575	5,36
Tid 1 artär	6,98	6,04
Tid 2 artär	6,425	5,84
Tid 3 artär	5,80	5,64

Tabell 6. Medelvärden i glukos (mmol) och behandling

	Före	Efter
Behandling 0 hov	5,68	5,28
Behandling 1 hov	5,225	5,62
Behandling 2 hov	6,025	5,72
Behandling 0 jugular	6,16	5,48
Behandling 1 jugular	5,55	5,64
Behandling 2 jugular	6,275	5,84
Behandling 0 artär	6,46	5,76
Behandling 1 artär	5,90	5,54
Behandling 2 artär	6,975	6,22



Figur 4. Trend hos glukos (mmol) i hov, artär och jugularblod som effekt av tiden.



Figur 5. Trend hos glukos (mmol) i hov, artär och jugularblod som effekt av tiden och "behandlingarna".

DISKUSSION

Ingen signifikant effekt kunde ses av "behandlingarna", det vill säga UK, K1, K2 på hovens laktat- och glukosmetabolism. En förklaring till detta kan vara det lilla materialet. Det är statistiskt sett ovanligt att ett så litet material som fem hästar, varav den ena inte bidrog med fulltliga mätpunkter, ska räcka för att ge tydlig signifikant skillnad i denna typ av studie. En annan anledning kan ha varit för kort tid mellan omgångarna som hästarna sprang på rullmattan. Detta är dock mindre

troligt då hästarna inte utförde något tyngre arbete och tjugo minuters vila borde ha varit tillräckligt med tid för att kroppen skulle hinna komma tillbaka till en normal nivå av laktat och glukos i vävnaderna (Marlin *et al.* 1991). För att få tydligare resultat är det nog troligare att hästarna skulle sprungit en längre tid på rullmattan och inte bara så länge som det krävdes för att hitta takt och rytm i varje hastighet.

Den nästan signifikanta minskningen i artärblodets glukosnivåer vid arbete med kil 2 indikerar att det var mest ansträngande att springa på rullmattan med den högsta traktkilen. Att trenden framförallt sågs i artärblodet beror sannolikt på att muskulaturen i kroppen konsumerar upp glukos och därmed ger en minskning av glukos i det venösa blodet från kroppens muskulatur. Då vi inte kunde mäta glukos i det venösa blodet från *vena cava* får glukosvärdena i artärblodet representera den glukoskonsumtion som skett i muskulaturen till följd av arbetet med den högsta kilen. Detta resultat indikerar att det är negativt för en hästs prestationsförmåga att springa med kilad trakt.

När man inte tog hänsyn till den slumpade ordning hästarna sprang i med de olika kilarna så kunde man se att det var störst skillnad i laktat och glukosvärdena första omgången de sprang på rullmattan oavsett vilken "behandling" de utsattes för. Skillnaden som uppmättes sågs i både jugular och artärblodet medan hoven var i det närmaste opåverkad. Orsaken till att det var mest arbetsamt första omgången de sprang på rullmattan skulle kunna förklaras av att de var dåligt uppvärmda jämfört med de följande omgångarna som de sprang. Tidsaspekten mellan omgångarna skulle även ur denna synvinkel ha kunnat vara längre.

En signifikant skillnad sågs när man tittade på effekten av tiden och laktat samt glukos. Det vill säga att hästarna sprang på rullmattan medförde i sig en signifikant skillnad i laktat- och glukosnivåerna men vilken slags kil de hade på sig spelade ingen roll. Detta stämmer väl med vad som fysiologiskt sker i kroppen vid arbete (Sjaastad *et al* 2003). Anledningen till att ingen signifikans sågs mellan platserna för glukosmätningarna och att hästarna sprang på rullmattan torde vara att de i stor utsträckning använder upplagrat glykogen som energikälla till musklerna. Hoven kan som tidigare nämnts inte lagra glykogen (Wattle and Pollitt 2004) så anledningen till att man inte såg någon skillnad i glukosvärdena i hoven jämfört med övriga mätställen kan tyda på att hoven med sin rikliga kärlförsörjning kan använda det laktat som bildas som energikälla.

Man har i tidigare studier (Wattle and Pollitt 2006) sett att det i vila är högre laktathalter i det venösa återflödet från hoven än i facialisartärblodet. Detta verkar även vara förhållandet vid arbete då resultaten från vår studie visade på en signifikans mellan laktatvärdena, tiden och den plats som de togs på. Laktatvärdena var högre i hoven än i både jugular och facialisartärblodet.

Den övergripande totala trenden var att laktatproduktionen ökade vid arbete med de olika "behandlingarna" medan glukosnivåerna minskade. Detta gällde i såväl det venösa återflödet från hoven som i det från huvudet samt artärblodet. Resultatet stämmer med hur det fysiologiskt ser ut i kroppen då den utsätts för arbete (Sjaastad *et al* 2003). Relativt sett var det dock en mindre laktatökning i hoven än i övriga kroppen. En förklaring till detta kan vara att då

blodglukosnivåerna sjunker på grund av musklernas glukoskonsumtion går de väl blodförsörjda hovarna över till glukosparande aerob metabolism. Vid aerob metabolism skapas nästan 20 gånger mer ATP per mmol glukos än vid anaerob metabolism. Sannolikt behöver hästarna utföra ett betydligt hårdare arbete innan vi kan få ett definitivt svar på frågan om kötthoven kan utnyttja sin rika kärlförsörjning och laktattransportförmåga till att utvinna energi ur laktat.

Hästen är ett flyktdjur som ursprungligen levt i stora flockar och varit tvungen att anpassa sig till rörelse och belastning. Hoven utsätts dagligen för stor rörelse och måste konstant kunna anpassa sig till underlaget. Denna anpassningsförmåga hos hoven kan vara en trolig orsak till att ingen signifikant skillnad i hovens laktatkonsumtion/produktion kunde mätas vid användandet av traktkilarna.

Mer forskning inom området är önskvärt för att få en ökad förståelse för hur manipulation av hoven påverkar hovens glukosmetabolism. Resultaten från denna studie indikerar att det då behövs fler och mer ansträngande körningar på rullmattan för att få signifikanta resultat.

^aSäto Stålbygger AB, Knivsta, Sverige

^bAstraZeneca, Södertälje, Sverige

^cJørgen KRUUSE A/S, Marslev, Danmark

^dAstraZeneca, Södertälje, Sverige

^eMila International, Inc, Florence, USA

^fBD, Becton, Dickinson and company, New Jersey, USA

^gB.Braun aesculap Tuttlingen, Tyskland

^hVenoject, Thermo Corporation, Leuven, Belgien

ⁱAnalox instruments Ltd, London, England

^jLactate II Reagent, Analox Instruments Ltd, London, England

^kKone Instruments Corporation, Espoo, Finland

^lKonelab™ Glucose (HK), Thermo Electron Corporation, Vantaa, Finland

LITTERATURFÖRTECKNING

- Barrey, E. (1991) Investigation of the vertical hoof force distribution in the equine forelimb with an instrumented horseboot. *Equine vet. J., Suppl.* 9, 35-38.
- Huckabee, W.E. (1958) Relationships of pyruvate and lactate during anaerobic metabolism. I. Effects of infusion of pyruvate or glucose and hyperventilation. *J Clin Invest.*, 37, 244-254.
- Littell, R. C., Milliken, A. A., Stroup, W. and Wolfinger, R. D. (1996): SAS system for mixed models. Cary, N. C., SAS Institute Inc.
- Marlin, D. J., Harris, R. C., Snow, D. H. (1991) Rates of Blood Lactate Disappearance Following Exercise of Different Intensities. *Equine Exercise Physiology.*, 3:188-195.
- Pardoe, C.H., McGuigan, M.P., Rogers, K.M., Rowe, L.L and Wilson, A.M. (2001) The effect of shoe material on the kinetics and kinematics of foot slip at impact on concrete. *Equine vet. J., Suppl.* 33, 70-73.
- Roepstorff, L., Johnston, C. and Drevemo, S. (1999) The effect of shoeing on kinetics and kinematics during the stance phase. *Equine vet. J., Suppl.* 30, 279-285.
- SAS Institute Inc. (2004): SAS/Stat User's Guide, version 9.1. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Sjaastad, ØV., Hove, K. and Sand, O. (2003) Physiology of Domestic Animals. 266-270. *Scandinavian Veterinary Press.*, Oslo.
- Wattle, O and Pollitt, C.C. (2004) Lamellar metabolism. *Clin Tech Equine Pract.*, 3, 22-33.
- Wattle, O and Pollitt, C.C. (2006) Glucose uptake in normal equine hoof. *Equine vet. J.* (submitted).
- Wattle, O and Pollitt, C.C. (2006) Lactate production in normal equine hoof. *Equine vet. J.* (submitted).
- Willemsen, M.A., Jacobs, M.W.H and Schamhardt, H.C (1999) In vitro transmission and attenuation of impact vibrations in the distal forelimb. *Equine vet. J., Suppl.* 30, 245-248.
- Wilson, A.M., Seelig, T.J., Shield, R.A and Silverman, B.W (1998) The effect of foot imbalance on point of force application in the horse. *Equine vet. J., Suppl.* 33, 67-69.