

# Underlättar tillförseln av glukos och leucin insulin frisättningen och återhämtningen efter hårt arbete hos travhästen?

Johan Bröjer, Katarina Nostell, Ulf Hedenström

## Bakgrund

Det är sedan länge känt att intag av lättillgängliga kolhydrater hos människa före och under träning ger ökad prestation (Ivy et al. 1988, Jacobs et al. 1999). Kolhydraterna omvandlas till bland annat glukos, som tas upp i blodet och lagras i skelettmuskulaturen som glykogen. Glykogen utgör därefter en viktig energidepå, som kan nyttjas som muskelns drivmedel efter att det har brutits ner till glukos.

Efter en genomförd tävling är det viktigt att snabbt fylla på glykogendepåerna så att musklerna kan återhämta sig. Detta är speciellt viktigt för individer som ska genomföra flera tävlingar under samma dag eller tävla under ett antal dagar i följd utan att minska prestationsförmågan. Ett exempel på en sådana utmaning är Elitloppet för travhästar där individerna går kvallopp och finallopp under samma dag. Det finns en koppling mellan nedsatt prestationsförmåga hos hästar som har fått genomföra upprepade intensiva arbetspass och låga glykogennivåer i muskulaturen (Lacombe et al. 2001). Studier på människa har också visat att om glykogenkoncentrationen i muskeln är låg så sker en ökad proteinnedbrytning i muskulaturen, vilket kan bidra till utvecklande av stress och överträning (Lemon 1987). En optimal återuppbyggnad av glykogen inför träning och tävling är därför av största vikt för hästens prestation och förmåga att tillgodogöra sig träning.

I jämförelse med människa är återbildningen av glykogen i muskulaturen hos häst en långsam process. Är arbetet intensivt kan det ta upp till 72 timmar innan en fullständig återuppbyggnad av glykogen har skett (Hyypä et al. 1997; Lacombe et al. 2004; Bröjer et al. 2006). Studier på människa har visat att man genom att tillföra en glukospolymer 15-30 minuter efter arbete kan påskynda återuppbyggnaden av glykogen i muskulaturen och till och med höja nivån av muskelglykogen till extra höga nivåer efter en kraftig glykogensänkning (Bergström et al. 1967).

Hos häst har tillförsel i form av kolhydratrika foderstater en begränsad effekt på återbildningshastigheten av glykogen (Lacombe et al. 2004; Jose-Cunilleras et al. 2006). Extra per oral tillförsel av glukospolymerer eller glukos till häst under den tidiga återhämtningen har inte visat sig kunna påskynda återbildningen av muskelglykogen (Davie et al. 1994). Det är däremot visat att återuppbyggnadshastigheten av glykogen hos häst kan höjas markant genom tillförsel av höga doser intravenöst glukos efter arbete (Davie et al. 1995; Geor et al. 2006). I en nyligen utförd studie konstaterade man att sättet att administrera ekvivalenta doser av glukos påverkade glykogenuppbyggnaden i hästens muskulatur under den tidiga återhämtningsfasen (Geor et al. 2006). Resultaten av denna studie visade att återbildningshastigheten av muskelglykogen enbart kunde påverkas genom att ge glukos intravenöst efter arbete. När glukos tillfördes intravenöst sågs dessutom högre glukos- och insulinkoncentrationer i plasma.

Upptaget av glukos till muskelcellerna för glykogenuppbyggnad bestäms av tillgången på glukos i blodet och av insulinkoncentrationen i plasma. Hyperinsulinemi kan således accelerera glykogensyntesen genom att öka glukosupptaget till muskelcellen. Frisättningen av insulin regleras i huvudsak av blodglukoskoncentration men flera aminosyror såsom leucin, arginin och glycin kan också stimulera frisättningen av insulin (Kuhara et al. 1991). Tillförsel av kolhydrater tillsammans med en blandning av olika aminosyror har i flera försök på

människa visat sig vara mer effektiva för att påskynda glykogenppbyggnaden i muskulaturen efter arbete än motsvarande mängder med enbart kolhydrater (Zawadzki et al. 1992; van Loon et al. 2000a; van Loon et al. 2000b). Det finns enligt vår kännedom inga studier på häst där man gett upprepade givror av glukos och aminosyran leucin i syfte att öka upptaget av glukos i muskulaturen.

**Hypotes:** Att man genom att tillföra en mixtur av glukos och aminosyran leucin till hästar, som utfört ett hårt fysiskt arbete, kan öka frisättningen av insulin och därmed påskynda återuppbyggnaden av glykogen i muskeln. Stämmer hypotesen skulle man genom att ge en mixtur med denna sammansättning i fodret underlätta återuppbyggandet av glykogen i muskulaturen. Detta skulle i så fall sannolikt gynna hästens förmåga att tillgodogöra sig träning och minska risken för muskelnedbrytning och skador.

## **Material och metoder**

### Hästar

Tolv varmlodiga travhästar (7 valacker och 5 ston; kroppsvikt 406 – 536 kg; ålder 4 – 9 år) ägda av Wångens travskola ingick i studien. Samtliga hästar var i regelbunden träning. Studien utfördes mellan februari 2009 och mars 2009. Hästarna hölls i boxar nattetid och hade tillgång till daglig utevistelse i paddock. Hästarna var vana vid backträning som en del i deras träningsprogram. Hästarna utfodrades med en diet bestående av 7,5 – 12,5 kg hösilage (9 MJ, 62% ts) och 3,3 – 4,8 kg pelleterat kraftfoder (11 MJ, råprotein 11%, Krafft AB, Falkenberg). Hösilage utfodrades 4 gånger per dygn och kraftfoder utfodrades 3 gånger per dygn med fri tillgång till vatten och saltblock. Hästarna acklimatiserades till dieten 3 veckor innan försökets start. Etiskt tillstånd erhöles från djurförsöksetiska nämnden i Uppsala.

### Arbetstest

Försöket utfördes som en randomiserad cross-over studie där samtliga hästar utförde ett arbete i syfte att åstadkomma en glykogentömning. Arbetet bestod av en uppvärmning i långsam trav över 4000 m, därefter 7 x 500 m intervaller i backe med en hastighet av 9 m/s följt av långsam trav i 2000 m på bana. Mellan varje intervall skrittades hästarna nedför backen. Backen hade en stigning av 24 m/500 m. Hästarna utförde arbetet i par som matchats efter respektive hästs träningskondition.

Efter avslutat arbete lottades hästarna i 2 grupper (en i varje par) där den ena gruppen fick glukos (1 g /kg kroppsvikt, 15 min, 2 samt 4 timmar efter arbete) samt leucin (0,1 g/kg kroppsvikt, 15 min och 4 timmar efter arbete) via sond och den andra gruppen sondades med samma mängd vatten (15 min, 2 och 4 timmar efter arbete). De närmaste 6 timmarna efter arbetet fick hästarna inte tillgång till foder men fri tillgång på vatten. Under denna tid vistades de i sin ordinarie box.

De närmaste dagarna efter testets genomförande skrittades hästarna i skrittmaskin 2 gånger dagligen under totalt 60 minuter. Därefter återgick de i den normala verksamheten på Wången men stod kvar på den standardiserade dieten. Efter en månad upprepades arbetstestet och behandlingarna switchades mellan grupperna.

### Provtagning

Blodprover togs från jugularvenen via en intravenös kateter (Intranüle, 2,0 x 105 mm; Vigon, Tyskland) som lagts under lokalbedövning före arbetet. Blodprover togs före och omedelbart efter arbetets slut och samlades i serum- samt heparinrör. Blodprov togs i samband med första sonding efter arbete och därefter var 15:e minut under första timmen, följt av var 30:e min under de följande 5 timmarna. Blodet förvarades i rör på is tills dess att rören centrifugerades. Plasma och serum frystes i -80°C i avvaktan på analys av glukos, insulin och aminosyror.

### Muskelbiopsier:

Muskelbiopsier togs från gluteus medius muskulaturen enligt metod beskriven av Lindholm och Piehl (1974) enligt följande protokoll: i vila före arbete, omedelbart efter arbete samt vid upprepade tillfällen under återhämtningsfasen (3 h, 6 h och 24 h efter arbete). Omedelbart efter provtagningen frystes muskelbiopsierna i flytande kväve. Muskelbiopsierna förvarades sedan i -80°C tills analyserna avseende glykogeninnehåll utfördes.

### **Analyser**

#### Biokemiska analyser i frystorkad muskel:

Glykogen mättes med fluorimetrisk teknik (Lowry och Passonneau 1973).

#### Analyser i blod:

Plasma insulin analyserades med ELISA teknik validerad för häst (Equine Insulin ELISA, Mercodia, Sverige). Plasmaglukos analyserades med en automatisk analysator (Architect c8000, Abbott Diagnostics, Illinois, USA). Aminosyror analyserades med HPLC-metod enligt metod beskriven av Pfeifer et al. (1983).

### **Statistik**

Samtliga data analyserades med hjälp av SAS version 9.1 (mixed procedure) och resultaten redovisas som medelvärden  $\pm$  SEM. Vid  $p < 0,05$  bedömdes skillnaderna som signifikanta. Effekten av supplementering med glukos och leucin jämfört med placebo på koncentrationen av muskelglykogen, serumglukos, plasmainsulin och plasmaleucin analyserades med hjälp av "repeated measurements". Jämförelser mellan behandlingarna och mellan provtagningstidpunkterna utfördes med hjälp av skillnader i least square means.

### **Resultat**

#### *Hästar*

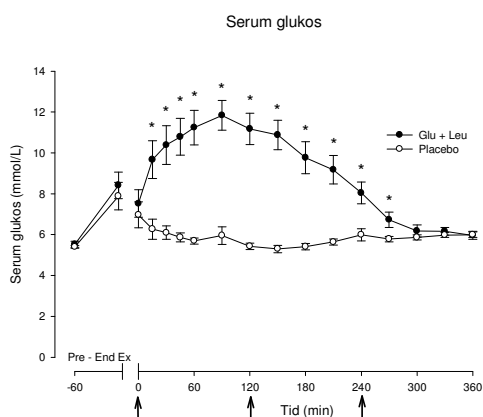
En häst fick exkluderas ur studien då den uppvisade hälta inför den andra försöksomgången.

#### *S-Glukos och P-insulin*

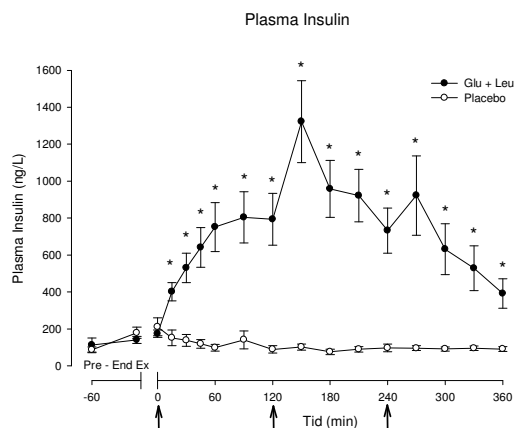
Serumglukos ökade i båda grupperna från i medeltal  $5,5 \pm 0,1$  mmol/l under vila före arbete till i medeltal  $8,1 \pm 0,5$  mmol/l direkt efter arbete (Fig. 1). Tillförsel av glukos och leucin per oralt gav serumkoncentrationer av glukos som var  $> 1,5$  ggr plasmakoncentrationen i placebogruppen under återhämtningsperiodens första 210 minuter. Efter 300 minuter var det ingen skillnad i serumkoncentrationen av blodglukos mellan grupperna. Medelglukoskoncentrationen under den sex timmar långa återhämtningsfasen var  $9,1 \pm 0,2$  mmol/l i glukos + leucingruppen och  $5,9 \pm 0,1$  mmol/l i placebogruppen.

Plasmakoncentrationen av insulin ökade efter tillförsel av glukos och leucin och nådde sin högsta koncentration ( $1322 \pm 222$  ng/l) vid tidpunkten 150 minuter, dvs 30 minuter efter den

andra sondningen (Fig. 2). Efter den tredje sondningen, då både glukos och leucin gavs, sjönk plasmakoncentrationen av insulin successivt för att vid tiden 360 minuter ha en medelkoncentration av  $392 \pm 79$  ng/l. Medelinsulinkoncentrationen under den sex timmar långa återhämtningsfasen var  $701 \pm 39$  ng/l i glukos + leucingruppen och  $113 \pm 7$  ng/l i placebogruppen.



**Figur 1. Glukoskoncentrationen i serum under återhämtningsperioden efter intermittert arbete i backe.** Återhämtningsperioden börjar vid tiden 0 minuter då hästarna antingen gavs placebo (vatten) eller en lösning med glukos och leucin. Vid tiden 120 minuter gavs enbart glukos och vid tiden 240 minuter gavs en lösning med glukos och leucin. Hästarna, som fick placebo vid tiden 0 minuter, fick fortsättningsvis placebo (vatten) vid tiden 120 och 240 minuter. Koncentrationerna är medelvärde  $\pm$  SEM för 11 hästar. \*Signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en tidpunkt ( $p < 0,05$ ).



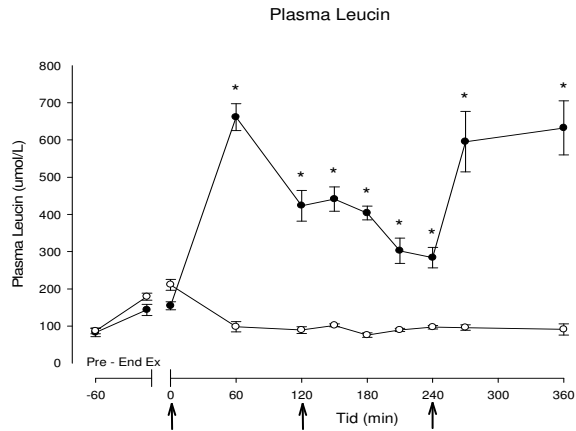
**Figur 2. Insulinkoncentrationen i plasma under återhämtningsperioden efter intermittert arbete i backe.** Återhämtningsperioden börjar vid tiden 0 minuter då hästarna antingen gavs placebo (vatten) eller en lösning med glukos och leucin. Vid tiden 120 minuter gavs enbart glukos och vid tiden 240 minuter gavs en lösning med glukos och leucin. Hästarna, som fick placebo vid tiden 0 minuter, fick fortsättningsvis placebo (vatten) vid tiden 120 och 240 minuter. Koncentrationerna är medelvärde  $\pm$  SEM för 11 hästar. \*Signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en tidpunkt ( $p < 0,05$ ).

### *P-Leucin*

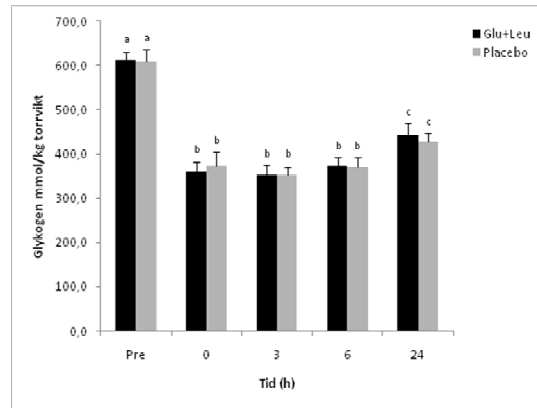
Plasmakoncentrationen av leucin ökade efter den första perorala tillförseln av leucin + glukos och en peakkoncentration ( $662 \pm 36$   $\mu$ mol/l) nåddes vid tidpunkten 60 minuter (Fig. 3). Därefter sjönk plasmakoncentrationen av leucin för att återigen stiga och nå en plåtå ( $596 \pm 81$  till  $633 \pm 72$   $\mu$ mol/l) efter den tredje sondningen, då både glukos och leucin gavs.

### *Muskelglykogen*

Intervallarbetet i backe orsakade en signifikant sänkning av glykogenkoncentrationen i gluteusmuskulaturen i båda behandlingsgrupperna (Fig. 4). Koncentrationen av muskelglykogen sänktes med i medeltal 41 % i glukos + leucingruppen och 39 % placebogruppen. Först efter 24 timmar skedde en signifikant ökning av glykogenkoncentrationen i gluteusmuskulaturen i de båda behandlingsgrupperna. Vid 24 timmar var glykogenkoncentrationen 72% av vilovärdet före arbete i glukos + leucingruppen och 70% i placebogruppen.



**Figur 3. Leucinkoncentrationen i plasma under återhämtningsperioden efter intermitterant arbete i backe.** Återhämtningsperioden börjar vid tiden 0 minuter då hästarna antingen gavs placebo (vatten) eller en lösning med glukos och leucin. Vid tiden 120 minuter gavs enbart glukos och vid tiden 240 minuter gavs en lösning med glukos och leucin. Hästarna, som fick placebo vid tiden 0 minuter, fick fortsättningsvis placebo (vatten) vid tiden 120 och 240 minuter. Koncentrationerna är medelvärde  $\pm$  SEM för 11 hästar. \*Signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en tidpunkt ( $p < 0,05$ ).



**Figur 4. Glykogenkoncentrationen i gluteusmuskulaturen före och efter intervallarbete i backe samt under de första 24 timmarna efter arbete.** Data presenteras som medelvärde  $\pm$  SEM,  $n = 11$  hästar. Staplar med olika bokstäver är signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda från varandra.

## Diskussion

Denna studie visade att man genom att tillföra glukos samt leucin per oralt till hästar efter arbete fick ett markant insulinsvar men ingen effekt på återuppbyggnaden av glykogen. Genom studier på andra djurslag och människa så vet man att höga insulinkoncentrationer är gynnsamt för att återbilda glykogen efter arbete. Bakgrunden till detta är att insulinet gör att det bildas fler glukotransportproteiner (GLUT-4) på muskelcellernas membran (Kuo et al. 2004), något som underlättar transporten av glukos in i muskelcellen. Insulinet bidrar också till en ökad aktivitet av glykogensyntas, ett enzym som ökar återbildningshastigheten av glykogen. Hos häst har man i tidigare studier (Nout et al. 2003; Jose-Cunilleras et al. 2005) inte kunnat dokumentera ökat uttryck av GLUT-4 mRNA efter arbete då glukos tillfördes per oralt. Man har heller inte kunnat påvisa någon ökad aktivitet av glykogensyntas efter arbete då glukos tillförts per oralt (Geor et al. 2006). Däremot har man vid intravenös tillförelse av glukos sett en ökad aktivitet av glykogensyntas hos häst. Baserat på dessa observationer verkar det som att ett uttalat insulinsvar behövs för att kunna påverka återuppbyggnaden av glykogen i muskulaturen.

I en tidigare studie där man gett motsvarande mängd glukos (3 g/kg över 6 timmar) per oralt eller intravenöst efter intensivt arbete, fick man ett dubbelt så högt insulinsvar vid intravenös jämfört med peroral tillförelse (Geor et al. 2006). Ett intressant fynd i vår studie var att vi vid peroral tillförelse av glukos i kombination med leucin uppnådde högre och snabbare insulinsvar under de tre första timmarna efter arbete jämfört med det insulinsvar man såg efter intravenös tillförelse av motsvarande mängder glukos under samma tidsförlopp (Geor et al. 2006). Trots det mycket höga insulinpåslaget hos hästarna i vår studie fick de ingen förbättrad återuppbyggnad av glykogen. Slutsatsen är följaktligen att ett uttalat insulinpåslag efter arbete inte är tillräckligt för att stimulera glykogen uppbyggnaden efter arbete hos häst. Däremot

verkar administrationssättet ha en större betydelse för återuppbyggnaden av glykogen än själva insulinkoncentrationen. En begränsande faktor skulle kunna vara att vi inte uppnår de glukoskoncentrationer i blodet man sett efter intravenös tillförsel av glukos hos häst efter arbete (Geor et al. 2006).

En annan intressant iakttagelse var att vi trots upprepade administrationer av glukos och leucin inte lyckades upprätthålla insulinkoncentrationerna i blod över längre tid än 4,5-5 timmar efter arbete. Teoretiskt skulle detta kunna orsakas av att glukos och/eller leucinkoncentrationerna sjunker i blodet under återhämtningsfasen trots tillförsel av glukos och leucin. Våra resultat visar att vi har ett bra upptag av leucin i blodet och att när insulinkoncentrationen börjar sjunka vid sista leucin givan, stiger plasma koncentrationen av leucin åter. Det är därför inte sannolikt att låga leucinkoncentrationer är orsaken till de dalande insulinkoncentrationerna. Däremot har glukoskoncentrationen sjunkit kontinuerligt från och med 120 min efter arbete, trots att vi gett glukos vid 120 samt 240 minuter. Att glukoskoncentrationerna sjunker trots tillförsel av glukos per oralt är anmärkningsvärt och vi har ingen direkt förklaring till detta. Teoretiskt skulle detta kunna orsakas av ett ökat upptag av glukos i levern alternativt ett minskat upptag från tarmen. Sannolikt krävs både en hög blodglukoskoncentration i blodet i kombination med höga insulinkoncentrationer för att påskynda återuppbyggnaden av glykogen efter arbete. Detta är svårt att åstadkomma om man ger glukos peroralt då glukos först måste tas upp via tarmen och därefter passera levern. Dessutom finns det risker med för höga kolhydratgivor till häst då det kan ge mag-tarmstörningar och fång.

Den här studien visade också att intervallarbetet i backe var en försöksmodell som gav en tydlig glykogensänkning i gluteusmuskulaturen och som dessutom var likartad mellan behandlingsgrupperna. Att glykogensänkningen överensstämmer mellan behandlingsgrupperna är viktigt för att skapa likartade stimuli för glukoneogenes mellan grupperna. Per oral supplementering cirka 15 minuter efter arbetes slut valdes för att maximera de potentiella fördelarna med glukos- och leucintillförsel eftersom studier hos andra djurslag visat att 2 timmars fördröjning med glukosadministreringen leder till minskad effekt av supplementeringen (Ivy et al. 1988). Den tillförda glukosmängden i den här studien baserades på tidigare studier hos människa där motsvarande mängder givit upphov till en påskyndad glukoneogenes.

Sammanfattningsvis visar denna studie att tillförsel av glukos samt leucin per oralt efter arbete till häst ger en kraftig insulinrespons som påminner om den man ser vid intravenös tillförsel av glukos. Trots detta påskyndas inte återuppbyggnaden av glykogen efter arbete vilket talar för att insulinresponsen inte är den begränsande faktorn i denna process. Upprepad tillförsel av glukos samt leucin verkar inte kunna bidra till att vidmakthålla en hög glukoskoncentration i blodet under mer än några timmar efter ett glykogentömmande arbete. Analys av leucin i plasma visade att hästarna tog upp den tillförda aminosyran mycket väl.

## Referenser

- Bergström, J., Hermansen, L., Hultman, E. and Saltin, B. (1967) Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol. Scand.* 71, 140-150.
- Bröjer, J., Holm, S., Jonasson, R., Hedenström, U. and Essén-Gustavsson, B. 2006. Synthesis of proglycogen and macroglycogen in skeletal muscle of Standardbred trotters after intermittent exercise. *Equine vet J. Suppl.* 36, 335-339.
- Davie, A.J., Evans, D.L., Hodgson, D.R. and Rose, R.J. (1994) The effects of an oral glucose polymer on muscle glycogen resynthesis in Standardbred horses. *J. Nutr.* 124, 2740S-2741S.
- Davie, A.J., Evans, D.L., Hodgson, D.R. and Rose, R.J. (1995) Effects of intravenous dextrose infusion on muscle glycogen storage after intense exercise. *Equine vet. J., Suppl.* 18, 195-198.
- Geor, R.J., Larsen, L., Waterfall, H.L., Stewart-Hunt, L. and McCutcheon, L.J. (2006) Route of carbohydrate administration affects early post exercise muscle glycogen storage in horses.
- Hyypä, S., Räsänen, L. and Pösö, R. (1997) Resynthesis of glycogen in skeletal muscle from Standardbred trotters after repeated bouts of exercise. *Am. J. vet. Res.* 58, 162-166.
- Ivy, J.L., Lee, M.C., Brozonick, J.T. and Reed, M.J. (1988) Muscle glycogen storage after different amounts of carbohydrate ingestion. *J. Appl. Physiol.* 65, 2018-2023.
- Jacobs, K.A., Sherman, W.M. (1999) the efficiency of carbohydrate supplementation and chronic high-carbohydrate diets for improving endurance performance. *Int. J. Sports Nutr.* 9, 92-115.
- Jose-Cunilleras, E., Hinchcliff, K.W., Lacombe, V.A., Sams, R.A., Kohn, C.W., Taylor, L.E. and Devor, S.T. (2006) Ingestion of starch-rich meals after exercise increases glucose kinetics but fails to enhance muscle glycogen replenishment in horses. *Veterinary Journal.* 171, 468-477.
- Kuhara, T., Ikeda, S., Ohneda, A. and Sasaki, Y. (1991) Effects of intravenous infusion of 17 aminoacids on secretion of GH, glucagon, and insulin in sheep. *Am. J. Physiol.* 260, E21-E26.
- Kuo, C.H., Hwang, H., Lee, M.C., Castle, A.L. and Ivy, J.L. (2004) Role of insulin on exercise-induced GLUT-4 protein expression and glycogen supercompensation in rat skeletal muscle. *J Appl. Physiol* 96, 621-627.
- Lacombe, V.A., Hinchcliff, K.W., Geor, R.J. and Baskin C.R. (2001) Muscle glycogen depletion and subsequent replenishment affect anaerobic capacity of horses. *J. Appl. Physiol.* 91, 1782-1790.
- Lacombe, V.A., Hinchcliff, K.W., Kohn, C.W., Devor, S.T. and Taylor, L.E. (2004) Feeding of meals of varying soluble carbohydrate diets affects muscle glycogen synthesis after exercise in horses. *Am. J. vet. Res.* 65, 916-923.

Lemon, P.W.R. (1987) Protein and exercise: update 1987. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 19, 179-190.

Lindholm, A. and Piehl, K. (1974) Fibre composition, enzyme activity and concentration of metabolites and electrolytes in muscles of Standardbred trotters. *Acta Vet. Scand.* 15, 287-309.

Lindholm, L. and Saltin, B. (1974) The physiological and biochemical response of standardbred horses to exercise of varying speed and duration. *Acta. Vet. Scand.* 15, 310-.

Lowry, O.H. and Passoneau J.V. (1973) *A flexible System of Enzymatic Analysis*, Academic Press, New York. pp 1-291.

Nout, Y.S., Hinchcliff, K.W., Jose-Cunilleras, E., Dearth, L.R., Sivko, G.S., and DeVille, J.W. (2003) Effect of moderate exercise immediately followed by induced hyperglycemia on gene expression and content of the glucose transporter-4 protein in skeletal muscles of horses. *Am. J Vet Res.* 64, 1401-1408.

Pfeifer, R, Korpi, J, Burgoyne R, McCourt D (1983) Practical application of HPLC to amino acid analyses. *Am Lab* 15: 77-84.

Zawadzki, K.M., Yaspelskis III, B.B. and Ivy, J.L. (1992) Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J. Appl. Physiol.* 75, 1854-1859.

van Loon, L.J.C., Saris, W.H.M., Kruijshoop, M. and Wagenmakers, J.M. (2000) Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *Am. J. Clin. Nutr.* 72, 106-111.

van Loon, L.J.C., Saris, W.H.M., Verhagen, H. and Wagenmakers, J.M. (2000) Plasma insulin response after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. *Am. J. Clin. Nutr.* 72, 96-105.



### **Publikationer**

Resultatet av forskningen bearbetas just nu i manuskriptform. När manuskriptet är klart kommer det att skickas till Equine Veterinary Journal där det kommer att framgå att projektet har finansierats av stiftelsen hästforskning.

### **Övrig resultatförmedling till näringen**

Information vid hästägar- och tränarträffar vid travskolan Wången har skett löpande under 2009 och början av 2010 av veterinär Ulf Hedenström, som är medförfattare och aktivt involverad i forskningsprojektet.

Projektet har även redovisats för Sala travsällskap av veterinär Katarina Nostell hösten 2009 i samband med en föreläsning om travhästens prestation och återhämtning.

För att nå ut till veterinärer som är kliniskt verksamma i Sverige kommer en del av resultaten att publiceras i Svensk Veterinärtidning.

Populärvetenskaplig redovisning av detta och tidigare projekt finansierade av stiftelsen hästforskning som avser travhästens återhämtning efter arbete är under sammanställning. För att hitta rätt spridningsforum har vi tagit hjälp av SLU:s informationsavdelning. Det kommer att framgå att projekten finansierats av stiftelsen.

### **Analysförändringar**

Då metoden för att analysera glykogensyntas av tekniska skäl ej har kunnat sättas upp så har vi istället valt att mäta leucin i plasma. Detta anser vi har förbättrat studien avsevärt. Kostanden för att analysera leucin är dock högre än glykogensyntas men institutionen har gått in och delfinansierat detta då man ansett att det var av stort värde för arbetet.