



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Vätske- och elektrolytbalans hos den högpresterande hästen



Stephanie Widegren

Examensarbete för kandidatexamen, 15 hp
Agronomprogrammet – Husdjur
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Uppsala 2018

Vätske- och elektrolytbalans hos den högpresterande hästen

Fluid and electrolyte balance in the athletic horse

Stephanie Widegren

Handledare: Malin Connysson, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examinator: Anna Jansson, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0553

Program: Agronomprogrammet - Husdjur

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2018

Omslagsbild: Stephanie Widegren

Nyckelord: elektrolyter, häst, vätskebalans, träning, återhämtning

Key words: electrolytes, exercise, fluid balance, horse, recovery

Abstract

During athletic performance, the horse loses substantial amounts of water and electrolytes due to sweating. Prolonged exercise can lead to lack in body function where the consequences may be reduced physical performance. The purpose of this literature study was to investigate whether the fluid and electrolyte balance can affect the horse's physical performance. This study addresses the function of the thirst mechanism, hydration status, and the effects of electrolyte administration before and after exercise. The conclusion was that it could be beneficial for the recovery and performance of the horse to give electrolytes in connection to training and competition. It also shows that the horse can't be pre-loaded with electrolytes for preventive purposes. However, it is possible to avoid the horse underperforming by maintaining balance between fluid and electrolytes that ensures a proper plasma volume, effective thermoregulation and blood flow in the active muscles.

Sammanfattning

Vid träning och tävling förlorar hästen stora mängder vatten och elektrolyter genom svett vilket kan rubba kroppens homeostas. Konsekvenserna kan bli en försämrad fysisk prestation till följd av bristande termoreglering, utmattning och nedsatt muskelfunktion. Syftet med den här litteraturstudien var att undersöka om vätske- och elektrolytbalansen kan påverka hästens fysiska prestation. Studien tar upp funktionerna runt törstmekanism, hydreringsstatus samt vad effekterna blir av att tillföra elektrolyter före och efter en fysisk arbetsinsats. Slutsatsen blev att det kan vara fördelaktigt för hästens återhämtning och prestation att tillföra elektrolyter i samband med träning och tävling. Det går inte att elektrolytladda i förbyggande syfte men det är möjligt att undvika att hästen underpresterar genom att upprätthålla en stabil balans mellan vätska och elektrolyter.

Introduktion

I Sverige 2016 kördes 8850 travlopp där den totala prissumman uppgick till 747,6 miljoner svenska kronor (Norrning *et al.*, 2017). Hästar som används i travlopp betraktas som atleter vars fysik har tränats upp för att kunna tävla på högsta nivå. Under den intensiva arbetsinsats som ett travlopp och den förberedande träningen innebär kan en häst förlora stora mängder svett. Konsekvenserna kan innebära dehydrering och elektrolytförluster vilket kan följas av problem med termoregleringen, utmattning och nedsatt muskelfunktion (Foster *et al.*, 1979 se Marlin *et al.*, 1998b; McKeever, 2008).

En rubbning i vätske- och elektrolytbalansen hos människor kan påverka den atletiska prestationen negativt (Shirreffs & Sawka, 2011). Vidare kan dehydrering försämra den aeroba fysiska aktiviteten då både blodflödet till musklerna och svettmängden reduceras (Shirreffs & Sawka, 2011). Intag av Na⁺, i direkt anslutning till ett avslutat träningspass, rekommenderas då det för människan har en positiv effekt på återhämtning av vätske- och elektrolytbalansen (Shirreffs *et al.*, 1996).

Aktiva inom hästsporten behöver mer kunskap om hästens fysiologi och hur den påverkas av träning för att få hästen att prestera till sin fulla kapacitet utan att det ska behöva innebära hälsorisker. Vätske- och elektrolytbalansen påverkar kroppens funktioner direkt eller indirekt vilket inte bara har betydelse för att optimera prestationen utan även för att undvika skador och förebygga sjukdom (Marlin *et al.*, 1998a; McKeever, 2008).

Syftet med den här litteraturstudien är att undersöka hur vätske- och elektrolytbalansen påverkar den fysiska prestationen hos högpresterande hästar och om det kan påverka deras återhämtningsförmåga. Bör högpresterande hästar ges extra tillskott av elektrolyter? Skiljer sig jonkoncentrationen i svett mellan låg- och högintensiv träning?

Vätske- och elektrolytbalans

Vatten är en av de fundamentala kemiska föreningarna och är livsnödvändig för kroppens fysiologiska funktioner. Det är inblandat i cellernas biokemiska reaktioner, för att transportera näring, slaggprodukter och för att upprätthålla blodvolymen. Hästen består av 62 – 68 % vatten (Frape, 2010) varav majoriteten utgörs av intracellulär vätska och resterande av den extracellulära vätska som i sin tur delas in i interstitialvätska, blodplasma och lymfa (Sjaastad *et al.*, 2016). Vatten kan diffundera fritt över cellmembran och kapillärväggar för att upprätthålla homeostas och motverka att cellerna krymper ihop eller sväller upp. I vilken riktning vattnet förflyttas styrs av osmolariteten och det hydrostatiska trycket i cellerna och den extracellulära vätskan (Sjaastad *et al.*, 2016).

Hästen förlorar vatten via urin, träck, svett och andningsvägarna (Frape, 2010). För att inte dehydreras eller drabbas av hypovolemi, till följd av träning, kompenserar hästen för vätskeförluster genom att dricka och minska urinutsöndringen (McKeever, 2008).

Elektrolyter

Elektrolyter är joner lösta i vätska som har nyckelfunktioner i de flesta av kroppens kemiska reaktioner. En korrekt sammansättning av elektrolyter och dess koncentration är nödvändiga för att upprätthålla en stabil inre miljö och korrekt funktion av kroppens celler, muskler och nervsystem (Denniston *et al.*, 2008; McKeever, 2008). De två främsta elektrolyterna i kroppen är Na^+ och K^+ . Osmolariteten i den extracellulära vätskan beror till drygt 90 % på koncentrationen av Na^+ och dess passivt medföljande anjoner, Cl^- och HCO_3^- . I den intracellulära vätskan är K^+ den huvudsakliga katjonen (McKeever, 2008; Sjaastad *et al.*, 2016). Cl^- fyller en viktig funktion när det kommer till syra-bas-balansen och hemoglobinet syretransporterande förmåga. HCO_3^- , som även benämns som bikarbonat, är den form som CO_2 transporteras i blodet. Ca^{2+} är inblandat i muskelkontraktioner och Mg^{2+} ingår bland annat i metabola reaktioner (Denniston *et al.*, 2008). Hästen får i sig elektrolyter främst via födan och eventuella tillskott, vatten bidrar med en liten men försumbar mängd (Reed *et al.*, 2004). De hästar vars foderstat inkluderar grovfoder i form av vall eller hö får i sig ett överskott av K^+ . Na^+ däremot behöver generellt sätt tillföras, då många foder inte innehåller tillräckliga mängder för att täcka underhållsbehovet (Jansson *et al.*, 1995).

Natrium

Mängden Na^+ i kroppen har en direkt koppling till både vätskebalansen och blodvolymen då plasmaosmolaliteten i huvudsak avgörs av Na^+ -koncentrationen. En ökad Na^+ -koncentration i plasma leder till att blodet övergår till hypertont och som svar diffunderar vatten ut ur cellerna och in i blodet (Sufit *et al.*, 1985). En förändring av Na^+ -koncentrationen i plasma påverkar således det arteriella trycket vilket kan leda till cirkulationsstörningar (Sjaastad *et al.*, 2016). Samtidigt stimulerar förhöjda koncentrationer av Na^+ i plasma det frivilliga vattenintaget (Sufit *et al.*, 1985). Med en ökad arbetsinsats minskar Na^+ -koncentrationen i plasma och liknande förändringar syns samtidigt i Cl^- -koncentrationerna (Marlin *et al.*, 1998a; Jansson *et al.*, 1995).

Kalium

Koncentrationen av K^+ i plasma ökar under träning (Hess *et al.*, 2005; Hyypä *et al.*, 1996; Jansson *et al.*, 1995; Marlin *et al.*, 1998; Nyman *et al.*, 2002) och parallellt med en ökad träningsintensitet (Hess *et al.*, 2005). Då K^+ rör sig ut ur de aktiva muskelcellerna in i den extracellulära vätskan ökar initialt blodflödet i musklerna genom att utvidga arteriolerna (Hess *et al.*, 2005; Knochel & Schlemi, 1972). När träningen avslutas pumpas K^+ tillbaka in i cellerna genom Na^+ - K^+ pumparna vilket avspeglas i att koncentrationen i plasma sjunker och blir något

lägre än före träningen (Marlin *et al.*, 1998a; Jansson *et al.*, 1995). K^+ -koncentrationen i plasma efter träning påverkas inte av att hästen tillförs en elektrolytlösning innehållande K^+ varken före (Jansson *et al.*, 1995) eller efter arbete (Marlin *et al.*, 1998a). Det finns indikationer på att upptaget av K^+ i cellerna begränsas då muskelcellerna är utmattade och lider av höga laktatnivåer (Assenza *et al.*, 2014), vilket risken är högre för vid snabb, kortvarig ansträngning (Jansson *et al.*, 1995). Koncentrationerna av K^+ och H^+ påverkar varandra och vid en reduktion av den intracellulära K^+ ökar H^+ -koncentration. H^+ i cellerna bidrar till enzymernas minskade ATP-konsumtion samtidigt som det hämmar ATP-produktionen, vilket innebär försämrade muskelkontraktioner i de aktiva musklerna (Putman *et al.*, 2003).

I en studie av Hess *et al.* (2005) genomfördes en distansritt med 46 hästar där syftet var att jämföra effekten av en elektrolytblandning innehållande K^+ (EM+K) med en blandning där K^+ hade uteslutits (EM-K). Hästarna delades in i två grupper där 22 stycken fick EM+K och 24 stycken fick EM-K. Administreringen (oralt med en spruta) av elektrolytblandningarna skedde två timmar före ritten inleddes samt vid fem tillfällen, med jämna mellanrum, under pågående ritt. Tolv hästar slutförde inte ritten men där fanns ingen signifikant koppling mellan avslutad ritt och någon av behandlingsgrupperna. Konsumtionen av K^+ i EM+K var 33 g och i EM-K 0 g. Na^+ intaget i EM-K var 26 g högre än i EM+K. Inga signifikanta skillnader fanns mellan de två grupperna beträffande enskilda mätbara variabler förutom för plasmakoncentrationerna av H^+ som var lägre hos hästar som behandlats med EM-K än EM+K. Vid 80 km och under återhämtningen efter ritten fann forskarna även en signifikant koppling mellan den låga koncentrationen av H^+ och den låga K^+ hos EM-K behandlade hästarna.

Svett

Vid en fysisk arbetsinsats ökar kroppens produktion av värme vilken behöver regleras för att celler och organ inte ska ta skada. Produktionen av svett i kombination med evaporation är en effektiv metod för kroppen att sänka temperaturen (Hodgson *et al.*, 1993). Hästen har en relativt liten kroppsytta i förhållande till vikt vilket kräver att den kan producera stora mängder svett. Vätskeförluster under arbete kan uppgå till 10–15 l vätska/h (Carlson, 1987 se Nyman *et al.*, 2002) där svett står för 90 % och förluster via andningsvägar, träck och urin för resterande andel (Frape, 2010).

Hästens svett är iso- eller hypertont (tabell 1), det vill säga att den innehåller samma eller en högre koncentration av lösta joner gentemot plasma (Reed *et al.*, 2004; Marlin *et al.*, 1998a; McCutcheon *et al.*, 1995a). Osmolaliteten i svett beror främst på de höga koncentrationerna av Na^+ och Cl^- men det sker även betydande förluster av K^+ (McCutcheon *et al.*, 1995a) (tabell 2). Stora svettförluster kan således medföra rubbningar i vätske- och elektrolytbalansen vilket kan medföra problem med metabola, kardiovaskulära och termoreglerande funktioner (Frape, 2010).

Tabell 1: Osmolaliteten i svett vid olika omgivningsförhållanden, H = 80 – 85 % relativ luftfuktighetfuktigt (McCutcheon *et al.*, 1995a)

	Svett (mOsm/l)		
	20°C	35°C	35°C + H
15 min in i träning	303 ± 6,7	339 ± 6,1	327 ± 5,8
Avslutad träning	334 ± 2,3	359 ± 4,8	348 ± 4,6
15 min efter träning	293 ± 7,1	343 ± 4,9	327 ± 3,5

Vid vätskeförluster minskar plasmavolymen vilket leder till en reducerad svettmängd och vidare en ökning av kroppstemperaturen (Fortney *et al.*, 1981). I försök att nedreglera temperaturen går ytterligare vätska förlorad från plasma vilket i sin tur minskar det arteriella trycket och reducerar blodflödet till de aktiva musklerna. För att en arbetande muskel ska få optimal blodgenomströmning krävs att det arteriella trycket hålls stabilt (McKeever, 2008).

Tabell 2: Elektrolytkoncentrationer i plasma och svett, före, under och efter träning, samt vid olika omgivningstemperaturer

	Elektrolytkoncentration i svett (mmol/l)			Elektrolytkoncentration i plasma (mmol/l)		
	Efter 1 h träning*	Efter 23,5 min 20°C**	Efter 23,5 min 35°C**	Före träning*	Under träning*	Efter träning*
Natrium	249 ± 9	139 ± 1	140 ± 1	138,6 ± 0,5	136,4 ± 1,0	133,7 ± 1,8
Kalium	78 ± 8	4,6 ± 0,1	4,5 ± 0,1	3,8 ± 0,09	3,4 ± 0,09	3,2 ± 0,15
Klorid	301 ± 20	—	—	99,8 ± 0,8	90,1 ± 1,1	84,5 ± 1,2

* Rose *et al.*, 1980; ** Jansson *et al.*, 1995

McCutcheon *et al.* (1995a) genomförde en studie där syftet var att mäta sammansättningen och mängden svett under olika klimatförhållanden. Fem fullblod fick var och en utföra tre arbetstest på rullmatta under tre olika klimatförhållanden; kallt och torrt (CD), varmt och torrt (HD) eller varmt och fuktigt (HH). Hästarna vägdes före och efter alla försöken. Testen utfördes, i en hastighet som skulle motsvara 50 % av individens $VO_{2\max}$, tills att blodets temperatur uppgick till 41,5°C. Resultatet visade att hästarna i CD kunde träna under betydligt längre tid (37 ± 2 min) i jämförelse med HD (28 ± 2 min) och HH ($16,5 \pm 1$ min). Viktförlusten var signifikant större i HD än i HH och CD. Genom hela försöket var osmolaliteten högst i svett som samlades in under HD och lägst i CD. Efter att testet var avslutat fortsatte hästarna i HH att svettas i 60 min, i HD under 30 min och i CD under 15 min. I samtliga fall fortsatte osmolaliteten att öka även under återhämtningsfasen. Sammanfattningsvis visade resultaten att mängden svett och dess osmolalitet ökade i och med högre omgivningstemperatur samt att svettförluster som skedde under återhämtningsfasen i både HD och HH bidrog till signifikanta vätske- och elektrolytförluster.

Enligt McCutcheon *et al.* (1995b) är svettkoncentrationen lägre vid högintensiv träning än vid lågintensiv. McConaghy *et al.* (1995a) visar på att även adrenalin bidrar till en mer utspädd svett. I tabell 3 syns en sammanställning och jämförelse av jonkoncentrationerna i svett vid olika träningsintensitet. Lågintensiv definieras som fysiskt arbete som genomförts på $\leq 50\%$ av hästens föruträknade $VO_{2\max}$. Högintensiv träning innefattar fysiskt arbete på $\geq 90\%$ av det föruträknade $VO_{2\max}$. P-värde för $Na^+ = 0,245273$, $K^+ = 0,158321$, $Cl^- = 0,196738$ och således ingen signifikant skillnad mellan jonkoncentrationerna i svett under låg- och högintensiv träning (tabell 3).

Tabell 3: Elektrolytkoncentrationer (mmol/l) i svett under lågintensiv jämfört med högintensiv träning

Antal hästar och studie	Lågintensiv			Högintensiv		
	Na^+	K^+	Cl^-	Na^+	K^+	Cl^-
10 st ^b	146,4	39,3	196,7	141,6	37,9	179,5
10 st ^b				141,1	36,1	175,9
10 st ^b				145,3	38,1	176
10 st ^a	159,4	39,6	194,9			
5 st ^c	116,7	32,6	144,3			
5 st ^d	113	33	145	124	25,8	142
20 st ^e	249	78	301			

^a = McConaghy *et al.*, 1995a; ^b = McConaghy *et al.*, 1995b; ^c = McCutcheon *et al.*, 1995a; ^d = McCutcheon *et al.*, 1995b; ^e = Rose *et al.*, 1980

Törstmekanismen

Den genomsnittliga plasmaosmolaliteten hos häst i vila är 290 mOsm/l (tabell 1). Vid en vattenförlust ökar osmolariteten i den extracellulära vätskan tillsammans med att plasmavolymen minskar. Baroreceptorer i hypotalamus registrerar en ökning på 2 mOsm/l vilket signalerar en utsöndring av antidiuretiskt hormon (ADH) (McKeever, 2008). ADH ökar reabsorptionen av vatten i njurarna och bidrar till törstkänsla (McKeever & Hinchcliff, 1995). Samtidigt prioriterar kroppen det arteriella trycket för att upprätthålla en optimal kardiovaskulär funktion, vilket sker genom att vatten diffunderar från interstitialvätskan till kapillärerna (McKeever, 2008). Ett fall i det arteriella trycket leder till en aktivering av renin-angiotensin II-aldosteron-systemet (RAAS) (Sjaastad *et al.*, 2016). Aldosteron verkar genom att öka upptaget av Na^+ i njurarna och tarmen samtidigt som K^+ utsöndras och produktionen av urin minskar (Jansson *et al.*, 2002).

För att tillgodose sitt underhållsbehov av vatten dricker hästen cirka 5 l/100 kg kroppsvikt och dygn. Vid fysiskt arbete under varmt klimat ökar behovet till cirka 15 l/100 kg kroppsvikt och dygn (Frape, 2010). Nyman & Dahlborn (2001) genomförde en studie där det frivilliga

vattenintaget från tre olika källor jämfördes. Studien pågick i 32 dagar och innefattade sex varmblood som under studiens gång inte utförde något fysiskt arbete. Vattenkällorna som testades var; graderad hink (B), vattenkopp med flytventil (3 l/min) (FV3) och automatiserad vattenkopp med tryckventil (8 l/min) (PV8). Mätningar gjordes på mängden vatten och under hur lång tid hästarna drack samt hur stora vattenförlusterna var via urin och träck. Initialt gjordes ett preferenstest som visade att hästarna föredrog ett tryck på 8 l/min jämfört med 3 och 16 l/min i vattenkopp med tryckventil. Studien visade att hästarna hade ett högre dagligt vattenintag när de drack ur hink samt föredrog att dricka ur hink om de fick välja mellan två olika källor. Vattenintaget från FV3 var signifikant lägre jämfört med PV8 och B och resulterade i två fall i en negativ skillnad mellan intag och förlust av vatten vilket innebär en daglig nettoförlust av vätska. Det sammanfattande resultatet av studien visade att val av vattenkälla kan påverka både det dagliga vattenintaget samt kroppens vätskebalans.

En ovilja att dricka trots betydande vätskeförluster kan vara ett problem för hästen. För att undersöka fysiologiska törststimuli hos häst genomförde Sufit *et al.* (1985) en studie på fyra shetlandsponnys. Försöken genomfördes i par där den ena ponnyn agerade som kontroll till den andra, efter två dygn upprepades proceduren med ombytta behandlingar. I första försöket jämfördes effekten av när ponnyerna varit utan vatten i 19 h med kontrollen där de haft fri tillgång. I det andra försöket fick testgruppen en infusion av en hyperton lösning innehållande 15 % NaCl medans kontrollgruppen en lösning med 0,9 % NaCl. Blodprov och vattenintag mättes under 40 min. Hos behandlingsgruppen som varit utan vatten i 19 h skedde en signifikant ökning av osmolaliteten och Na⁺-koncentrationen i plasma samt en minskning av plasmavolymen. När vatten åter blev tillgängligt drack ponnyerna med en hastighet av 10,2 ± 2,5 kg/30 min, i jämförelse med kontrollgruppens 1,5 ± 0,9 kg/30 min, vilket ledde till att de inom 15 min hade återställt eller ökat sin plasmavolym från före testet. Ponnyerna som fick den 15 % NaCl-lösningen hade, då de började dricka, en högre Na⁺-koncentrationen jämfört med kontrollen som fått den 0,9 % NaCl-lösningen. Inom 30 min efter infusionen var avslutad hade Na⁺-koncentrationen minskat något. 15 % NaCl-gruppen hade ett vattenintag på 2,9 ± 0,7 kg och kontrollgruppen 0,7 ± 0,5 kg. Sammantaget visade studien på att ponnyernas frivilliga vattenintag påverkades av både osmotiska och hypovolemiska förändringar.

Nyman *et al.* (2002) genomförde en studie där syftet var att undersöka effekterna av hydreringsstatus under ett arbetstest samt hur det frivilliga vattenintaget, flödesskiften och den fysiska prestationen kan komma att påverkas. Fyra varmblood användes och alla genomgick, vid olika tillfällen, en av tre följande behandlingar; normalhydrering (N) - fri tillgång till vatten, dehydrering (DEH) - ingen tillgång till vatten under 24 h före testet och hyperhydrering (HH) - 12 l vatten tillfördes genom nässvalgssondering. Efter behandlingen utfördes arbetstest på rullmatta, antingen med progressiv hastighetsökning eller med konstant hastighet. Under hela försöket hade DEH-gruppen en reducerad plasmavolym och förhöjd Na⁺-koncentration och osmolalitet i plasma. Plasmavolymen återgick heller inte till det normala förens vatten åter erbjöds 60 min efter avslutat arbetstest. HH - hästarna hade en reducerad Na⁺-koncentration och osmolalitet i plasma genom hela försöket samt en högre hjärtfrekvens före arbetstestet påbörjades. Under det progressiva testet hade både HH och DEH högre VO₂, vid 6 m/s, jämfört med N. Laktatkoncentrationen i plasma var vid den högsta hastigheten samt direkt efter avslutat

progressivt test högre hos både HH och DEH jämfört med N. I arbetstestet med konstant hastighet var plasmavolymer efter 40 min signifikant lägre hos N och DEH än hos HH. Plasmavolymer återgick till den ursprungliga redan innan vatten erbjöds hos både N- och HH-grupperna. DEH ledde till en genomsnittlig viktminskning på ca 3 % och två av hästarna kompenserade för vätskeförlusten genom att dricka 93 och 86 % av förlusterna inom de första 15 min när vatten åter erbjöds. De resterande två ersatte endast 45 och 43 % av vätskeförlusten under samma tid och hade även i studien av Nyman & Dahlborn (2001) ett signifikant lägre dagligt vattenintag. Sammantaget visade resultatet att faktorer som kan påverka det frivilliga vattenintaget är vattenkälla, individuella skillnader samt osmotiska och hypovolemiska förändringar. Studien visade även att träning och hydreringsstatus påverkar hur vätskan rör sig mellan kroppsliga utrymmen samt att dehydrering och hyperhydrering kan påverka den fysiologiska prestationen.

Prestation och återhämtning

En ökad plasmavolym reducerar risken för att blodflödet till muskler och hud ska begränsas (McCutcheon & Geor, 2008). Marlin *et al.* (1998b) genomförde en studie där syftet var att jämföra effekterna av att tillföra en isoton lösning, ”oral rehydration solution” (ORS), med att endast tillföra vatten. Lösningen innehöll Na^+ , Cl^- , K^+ och HCO_3^- . Försöket bestod av två delar, en under vila och en under träning och utfördes under förhållanden som skulle kunna motsvara inhysning av tävlingshästar. För att bestämma plasmavolymer samlades blodprov in 10 min före hästarna, genom nässvalgssondering, fick 4 l av antingen ORS eller vatten. Under vila stod hästarna på stall och blodprov togs var 10 min under 120 min och sedan efter 180, 240 och 300 min. Under träningsdelen fick hästarna antingen ORS- eller vattenbehandling och 30 min senare utförde de ett lågintensivt arbetstest på rullmatta. Blodproven visade att både ORS och vatten hade tagits upp och nått en topp efter 40 min. Under vila gav ORS-behandlingen en ökad plasmavolym 90 min efter administrering. Na^+ -koncentrationen och osmolariteten i plasma hölls på en jämn nivå i jämförelse med vattenbehandlingen där koncentrationerna sjönk. Plasmavolymer ökade signifikant till följd av träning men ökningen skilde sig inte åt mellan behandlingarna. Under båda behandlingarna var osmolaliteten i plasma oförändrad under träning medan den sjönk signifikant under återhämtningen, 90 min efter lösningen tillfördes.

Samma forskargrupp (Marlin *et al.*, 1998a) jämförde hur återhämtningen skilde sig åt mellan hästar som fick antingen 6 l isoton lösning eller 6 l vatten, genom nässvalgssondering, 5 min efter att ha genomfört ett lågintensivt arbetstest. 30 min efter att lösningarna tillförts började Na^+ - och Cl^- -koncentrationerna öka hos de hästar som fått ORS och skillnaden från de som fått endast vatten var signifikant till slutet av studien (300 min). Under träningen minskade kroppsvikten med ca 2 % vilket motsvarar ca 9 l i vätska. Efter 120 min hade de hästar som fått ORS-giva återfått sin ursprungliga plasmavolym medans de som endast fått vatten fortfarande hade signifikant lägre plasmavolym än före träning. Efter ORS-behandlingen fanns det även signifikant högre plasmakoncentrationer av Na^+ och Cl^- till skillnad från vattenbehandlingen.

Jansson *et al.* (1995) genomförde en studie där syftet var att mäta intaget av vatten, Na⁺, K⁺ och urinförluster innan, under och efter arbetstester som genomförts vid 20°C och 35°C, samt undersöka effekterna av att ge en saltlösning före arbete. Hästarna genomgick arbetstester före studien påbörjades för att bestämma deras genomsnittliga Na⁺-förlust. En sjundedel av den uppmätta mängden plus underhållsbehovet av Na⁺ gavs dagligen till hästarna. Fyra varmblood användes och varje häst fick utföra tre arbetstest med en vecka emellan varje test. Första testet genomfördes vid 20°C, andra vid 35°C och det tredje vid 35°C där 10 l av en 0,9 % NaCl-lösning administrerades oralt 1 h för fas 1 (35°C+F). Arbetstesten bestod av tre faser; fas I: 23,5 min submaximal träning, fas II: 2 h boxvila och fas III: 26 min trav inklusive avslutande 2600 m snabbt travtempo. Signifikant högre svettförluster skedde under 35°C jämfört med 20°C, men inga ytterligare svettförluster skedde till följd av NaCl-behandlingen. De sammantagna förlusterna av Na⁺ och K⁺ var högre efter 35°C än 20°C. Under träningsdagarna och efterföljande dag uppmättes i princip inget Na⁺ i urinen medan det under vilodagarna fanns ett positivt utfall av Na⁺. Första vilodagen efter träning i 35°C syntes även signifikant minskade nivåer av Na⁺ i plasma hos de som inte fått NaCl-behandling. Det frivilliga vattenintaget var signifikant lägre efter 35°C+F jämfört med 35°C och 20°C då hästarna inte tillförts saltlösning.

Hyypä *et al.* genomförde 1996 en studie där de jämförde effekterna av träning vid upprepade tillfällen i varmt, fuktigt klimat med träning under svala omgivningsförhållanden. Studien innefattade även en jämförande undersökning mellan hur rehydrering efter träning påverkas av att hästen får tillskott av elektrolyter kontra vatten. Nio halvblod utförde ett "tävlingstest" och ett arbetstest på rullmatta med 24 h emellan. Tävlingstestet var utformat för att motsvara en tredagarstävling i fälttävlan (Marlin *et al.*, 1994 se Hyypä *et al.*, 1996) och arbetstestet bestod av ett progressivt intervallpass i fyra olika hastigheter. Varje häst genomförde försöken fem gånger med två veckors intervall. Hästarna tillfördes en isoton lösning genom nässavlagssondering 30 min efter de fyra första försöken och efter det femte försöket tillfördes endast vatten. Kroppsvikten registrerades före och efter alla försök och blodprov samlades in före, under och 22,5 h efter avslutat försök. Resultatet visade att hästarna snabbare återfick sin ursprungliga kroppsvikt då de försetts med elektrolytlösning jämfört med när de endast fått vatten. Plasmaosmolaliteten var signifikant lägre efter att hästarna endast fått vatten jämfört med när de fått elektrolyter. Koncentrationen av ADH var förhöjd 1,5 h efter elektrolytlösningen tillförts men inte efter vattengivan. Plasmakoncentrationerna av Na⁺ och Cl⁻ minskade signifikant, K⁺ ökade medan Ca²⁺ och Mg²⁺ förblev oförändrade.

Diskussion

Den här litteraturstudien visar att störningar i vätske- och elektrolytbalansen kan påverka både hästens fysiska prestation och återhämtningsförmåga. För att hjälpa hästen att upprätthålla kroppens homeostas och ge den de bästa förutsättningarna inför och efter en fysisk ansträngning bör aktiva inom hästsporten rikta fokus mot när hästen är i behov av elektrolyttillskott samt i vilken sammansättning det ges.

Forskning visar att de största elektrolytförlusterna som sker vid träning är i form av Na^+ och Cl^- . Då mängden svett och dess osmolaritet ökar med ökad omgivningstemperatur sker de mest omfattande förlusterna då hästen är aktiv under en längre tid under varma förhållanden. Att ha i åtanke är att betydande mängder svett går förlorad även under återhämtningsfasen (McCutcheon *et al.*, 1995a). Det finns flera studier som visar att plasmakoncentrationen av K^+ ökar signifikant under träning för att sedan snabbt minska när träningen avslutas (Hess *et al.*, 2005; Hyypä *et al.*, 1996; Jansson *et al.*, 1995; Marlin *et al.*, 1998; Nyman *et al.*, 2002). Höga koncentrationer K^+ har även uppmätts i svett vilket har medfört att forskare menat att hästen bör tillföras en lösning innehållande KCl (Marlin *et al.*, 1998) för att kompensera för förlusterna. Det är möjligt att en högre koncentration av K^+ har en negativ effekt då ett kortare högintensivt arbete ska genomföras. Det finns indikationer på att upptaget av K^+ i cellerna begränsas då muskelcellerna är utmattade och lider av höga laktatnivåer (Assenza *et al.* 2014), vilket risken är högre för vid snabb, kortvarig ansträngning (Jansson *et al.*, 1995). Enligt Marlin *et al.* (1998a) påverkas inte K^+ -koncentrationen i plasma efter träning av att hästen tillförs en isoton lösning innehållande K^+ . Det finns heller inga tecken på att K^+ koncentrationen i plasma efter träning påverkas av att hästen ges en elektrolytlösning innehållande K^+ före träning (Jansson *et al.*, 1995). Enligt Jansson *et al.* (1995) krävs inget tillskott av kalium om foderstaten är korrekt anpassad.

Elektrolyter efter arbete

Snabb återhämtning efter fysiskt arbete är viktigt för att hästen ska återfå sin normala metabola funktion och energinivå, att få ut bästa möjliga effekt av nästa träningspass samt minska risken för skador. Hos människan har intag av Na^+ efter träning en positiv effekt på återhämtning av vätske- och elektrolytbalansen (Shirreffs *et al.*, 1996). Det finns underlag som stödjer att detta även gäller för hästar (Hyypä *et al.*, 1996; Marlin *et al.*, 1998a). I Hyypä *et al.*, (1996) återhämtade sig de hästarna som försetts med en isoton lösning efter avslutat arbetstest snabbare jämfört med om de bara fick vatten. Förklaringen finns i den ökade plasmaosmolaliteten som leder till den förhöjda koncentrationen av ADH som verkar reabsorberande på vätska i njurarna och påverkar törstmekanismen. Vid det tillfälle då hästarna endast försågs med vatten registrerades inga förhöjda ADH-koncentrationer, signifikant lägre plasmaosmolalitet och ökad plasmavolym. Vilket leder till en ökad urinutsöndring likt att baroreceptorerna inte kommer aktivera törstmekanismen.

Likvärdiga resultat fick Marlin *et al.* (1998a) i sin studie där hästarna fick en isoton lösning efter att ha genomfört ett lågintensivt arbetstest. 120 min efter ORS-behandlingen hade hästarna återfått sin ursprungliga plasmavolym till skillnad från de som endast fått vatten där volymen fortfarande var signifikant lägre än före testet. Studien visade även på signifikanta skillnader mellan behandlingarna gällande koncentrationerna av Na^+ och Cl^- , där det fanns förhöjda värden efter ORS-behandlingen. Vilket indikerar att NaCl har en avgörande roll i återställningen av vätske- och elektrolytbalansen.

Elektrolyter före arbete

Om en häst är i vätskebalans kommer plasmavolymen upprätthållas och främja optimal blodcirkulation och termoregulering. Marlin *et al.* (1998b) hävdar i sin studie att det skulle vara fördelaktigt att tillföra hästen en isoton lösning före en arbetsinsats. De menar att administration av endast vatten leder till en lägre osmolalitet i den extracellulära vätska och som följd ett flödesskifte in i den intracellulära vätskan för att återställa balansen. Endast det vatten som blir kvar i den extracellulära vätskan kommer således bidra till det arteriella trycket. Om hästen istället tillförs en isoton lösning före arbetsinsatsen skulle vätskeflödet in i cellerna utebli och effekten istället bli en utvidgning av plasmavolymen. Försöken ledde till att plasmans volym ökade samt fick både en stabilare osmolalitet och Na^+ -koncentration hos gruppen som fått ORS under vila jämfört med de som fick endast vatten. Samma tendenser fanns när hästarna fick genomgå arbetstest efter behandlingen men i det fallet var förändringarna icke signifikanta. Vilket i teorin skulle kunna innebära att det vore fördelaktigt med denna typ av behandling före en insats då hästen trots svettförluster skulle kunna upprätthålla det arteriella trycket. Under rådande regelverk är det dock inte tillåtet att tillföra lösningar via nässvalgssondering före tävling (Svensk Travsport, Svensk Galopp, 2016) vilket förutsätter att hästen frivilligt behöver inta elektrolytlösningen som i nämnda försök bestod av 4 l. Det bör dock diskuteras att det finns en gräns för när mängden vätska som tillförs kan bli för hög. Nyman *et al.* (2002) påvisade de fysiologiska nackdelarna med hypohydrering där hästarna till följd av överdriven vattentillförsel fick både förhöjda laktatnivåer och hjärtfrekvens. Även om hästarna i det senare fallet endast försågs med vatten hade samma mängd (12 l) av en isoton lösning troligtvis gett samma negativa effekt om vi förutsätter att resultatet berodde på en ökning av massa att bära.

Enligt Jansson *et al.* (1995) går det inte att tillföra hästen NaCl i förebyggande syfte. Det vill säga att ett tillskott av NaCl, utöver det dagliga underhållsbehovet, inte har någon gynnsam effekt för hästen utan endast leder till ett positivt utslag av Na^+ i urinen. Det är först när det sker en arbetsansträngning som medför betydande svettförluster det utökade behovet finns. Resultaten i studien understödjer påståendet då mängden Na^+ i urin under vilodagarna var positiv, att Na^+ inte utsöndrades under försöksdagarna samt att nivåerna av Na^+ i plasma var lägre dagen efter träning. Det fanns även signifikant lägre nivåer av Na^+ i plasma första vilodagen efter träning i 35°C. Vilket kan indikera att det skulle vara gynnsamt för snabb återställning av elektrolytbalansen att ge ett tillskott av NaCl efter avslutat arbete under varmare omgivningsförhållanden.

Hydrering

I teorin går det att koppla en tävlingsprestation till vätske- och elektrolytbalansen. Hästens vätskenivåer bör vara normala för att optimera blodgenomströmning till de aktiva musklerna och upprätthålla svettens termoreglerande funktion (McKeever *et al.*, 2008). En häst som är dehydrerad redan då träningspasset påbörjas löper en större risk att drabbas av problem med de

fysiologiska funktionerna. Utmattning påverkar den fysiska prestationen direkt negativt samtidigt som det kan försämra koncentrationsförmågan och öka risken för skador. En trött häst har lättare att snubbla eller vingla till, rörelser som kan bli förödande för både häst och kusk/ryttare i en tävlingssituation där marginalerna ofta är små.

Hästens ovilja till att dricka i tävlingssituationer kan vara en faktor som påverkar den fysiska prestation negativt. Fram för allt kan det leda till problem om tävlingen pågår under flera dagar, under längre tid, i förhöjd omgivningstemperatur eller innefattar flera starter under samma dag. Sker ingen kompensation för vätskeförluster kan det innebära att plasmavolymen förblir nedsatt vilket leder till fysiologiska försämringar. Även om inte funktionerna kring törstmekanismen är fullt kartlagda så styrs det frivilliga vattenintaget främst av plasmaosmolalitet och hypovolemiska förändringar samt strävan efter att uppnå homeostas (Sufit *et al.*, 1985; Nyman *et al.*, 2002). Det finns dock fler faktorer som kan påverka vattenintaget till exempel. vattenkälla, temperatur och träningsintensitet. Nyman & Dahlborn (2001) visade vilken betydelse val av vattenkälla kan innebära för det frivilliga vattenintaget vilket hästhållare bör ha i åtanke för att se till att hästen kan upprätthålla sin vätskebalans. Vidare innebär tävling för flertalet hästar inte bara en fysisk prestation utan innefattar även transporter, en främmande miljö och avbrott i de dagliga rutinerna. Alla är faktorer som kan bidra till psykologiska påfrestningar som rimligtvis kan kopplas till en känsla av stress. Sett till hur vildhästen reagerar i en flyktsituation så hade det varit en nackdel för den att behöva stanna och dricka vilket kan tyda på att det finns funktioner som blockerar den fysiologiska törstkänslan i situationer då hästen känner sig hotad eller stressad.

Vid jämförelsen av elektrolytkoncentrationer i svett syntes inga signifikanta skillnader mellan hög- och lågintensivt arbete (tabell 3) vilket motstrider resultatet i studien av McCutcheon *et al.* (1995b). En möjlig förklaring till den mer utspädda svetten i studien från McCutcheon *et al.* (1995b) kan möjligtvis härledas till utsöndringen av adrenalin som sker i större utsträckning vid högintensivt arbete än vid lågintensivt (McKeever *et al.*, 2008) och har visat sig stimulera svettproduktionen och ge en utspädd svett (McConaghy *et al.*, 1995a).

Slutsats

Vätske- och elektrolytbalansen har en betydande roll för den högpresterande hästens prestation och återhämtning. Vid träning och tävling kan hästen förlora stora mängder hypertont svett vilket påverkar osmolaliteten i plasma och vidare det arteriella trycket. Det finns ingen signifikant skillnad i elektrolytkoncentrationen i svett under hög- och lågintensivt arbete. Det är av betydelse för vätskebalansen och den fysiska prestationen att hästen får i sig tillräckliga mängder vatten. Tillskott av elektrolyter efter träning har en positiv effekt på hästens återhämtningsförmåga. Det går inte att elektrolytladda i förbyggande syfte. Det är dock möjligt att undvika att hästen underpresterar genom att upprätthålla en stabil balans mellan vätska och elektrolyter som bibehåller en korrekt plasmavolym vilket bidrar till effektiv termoreglering och blodgenomströmning i de aktiva musklerna.

Referenslista

Assenza, A., Bergero, D., Congiu, F., Tosto, F., Giannetto, C. & Piccione, G. (2014). Evaluation of Serum Electrolytes and Blood Lactate Concentration During Repeated Maximal Exercise in Horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34, 1175-1180.

Carlson G. P. (1987) Haematology and body fluids in the equine athlete: a review. *Equine Exercise Physiology* 2 Eds: J.R. Gillespie and N.E. Robinson, ICEEP Publications. Davis, California. 393-425.

Denniston, K. J., Topping, J. J., Caret, R. L. (2008) *General, Organic, and Biochemistry*. 6th ed. New York. McGraw-Hill.

Fortney, S. M., Nadel, E. R., Wenger, C. B. & Bove, J. R. (1981). Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. *Journal of Applied Physiology*, 51, 1594-600.

Frape, D. (2010). *Equine Nutrition and Feeding*. 4th ed. United Kingdom. Wiley-Blackwell

Hess, T. M., Kronfeld, D. S., Williams, C. A., Waldron, J. N., Graham-Thiers, P. M., Greiwe-Crandell, K., Lopes, M. A., Harris, P. A. (2005). Effects of oral potassium supplementation on acid-base status and plasma ion concentrations of horses during endurance exercise. *American Journal of Veterinary Research*, 66, 466-473.

Hodgson, D. R., McCutcheon, L. J., Byrd, S. K., Brown, W. S., Bayly, W. M., Brengelmann, G. L. & Gollnick P. D. (1993). Dissipation of metabolic heat in the horse during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 74, 3.

Hyypä, S., Saastamoinen, M. & Pösö, A. R. (1996). Restoration of water and electrolyte balance in horses after repeated exercise in hot and humid conditions. *Equine Veterinary Journal*, 22, 108-112

Jansson, A., Lindholm, A. & Dahlborn, K. (2002). Effects of acute intravenous aldosterone administration on Na⁺, K⁺ and water excretion in the horse. *Journal of Applied Physiology*, 92, 135–141.

Jansson, A., Nyman, S., Morgan, K., Palmgren-Karlsson, C., Lindholm, A. & Dahlborn, K. (1995). The Effect of Ambient Temperature and Saline Loading on Changes in Plasma and Urine Electrolytes (Na⁺ and K⁺) Following Exercise. *Equine Veterinary Journal*, 27(20), 147–52.

Knochel, J. P. & Schlemi, E. M. (1972). On the Mechanism of Rhabdomyolysis in Potassium Depletion. *The Journal of Clinical Investigation*, 51(7), 1750-1758.

Marlin, D. J., Scott, C. M., Mills, P. C., Louwes, H., Vaarten, J. (1998a). Rehydration Following Exercise: Effects of Administration of Water *versus* an Isotonic Oral Rehydration Solution (ORS). *The Veterinary Journal*, 156, 41-49.

Marlin, D. J., Scott, C. M., Mills, P. C., Louwes, H., Vaarten, J. (1998b). Effects of Administration of Water *versus* an Isotonic Oral Rehydration Solution (ORS) at Rest and Changes During Exercise and Recovery. *The Veterinary Journal*, 155, 69-78.

McConaghy, F.F., Hodgson, D.R., Evans, D.L., Rose, R.J. (1995a). Equine sweat composition: effects of adrenaline infusion, exercise and training. *Equine Veterinary Journal*, 20, 158-164.

McConaghy, F.F., Hodgson, D.R., Evans, D.L., Rose, R.J. (1995b). Effect of two types of training on sweat composition. *Equine Veterinary Journal*, 18, 285-288.

- McCutcheon, L. J., Geor, R. J. (2008). Thermoregulation and exercise associated heat stress. I: Hinchcliff, K.W., Kaneps, A. J. & Geor, R.J. *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Elsevier Health Sciences. 328-349. Science Direct. [2018-04-22]
- McCutcheon, L. J., Geor, R. J., Hare, M. J., Ecker, G. L. & Lindinger, M. I. (1995a). Sweating rate and sweat composition during exercise and recovery in ambient heat and humidity. *Equine Veterinary Journal*, 20, 153-157.
- McCutcheon, L. J., Geor, R. J., Hare, M. J., Kingston, K J. & Staempli, H R. (1995b). Sweat composition: comparison of collection methods and exercise intensity. *Equine Veterinary Journal*, 180, 279-284.
- McKeever, H. K. (2008). Body fluids and electrolytes: responses to exercise and training. I: Hinchcliff, K.W., Kaneps, A. J. & Geor, R.J. *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Elsevier Health Sciences. 328-349. Science Direct. [2018-04-22]
- McKeever, H. K. & Hinchcliff, K. W. (1995). Neuroendocrine control of blood volume, blood pressure and cardiovascular function in horses. *Equine Veterinary Journal*, 18, 77–81.
- Norrning, H., Sjöberg, R., & Andersson, S. (2017). *Årsstatistik 2016*. Stockholm: Svensk Travsport. Tillgänglig: <https://travsport.se/artikel/arsstatistik> [2018-04-27]
- Nyman, S. & Dahlborn, K. (2001). Effect of water supply method and flow rate on drinking behavior and fluid balance in horses. *Physiology & Behaviour*, 73(1–2), 1–8.
- Nyman, S., Jansson, A. Lindholm, A. & Dahlborn, K. (2002). Water Intake and Fluid Shifts in Horses: Effects of Hydration Status during Two Exercise Tests. *Equine Veterinary Journal* 34(2), 133–42.
- Putman, C. T., Jones, N. L. & Heigenhauser, J. F. (2003). Effects of short-term training on plasma acid-base balance during incremental exercise in man. *The Journal of Physiology*, 550(2), 585-603.
- Reed, M. S., Bayly, M. W. & Sellon, C. D. (2004). *Equine Internal Medicine*. Second Edition. USA: Philadelphia. Saunders Elsevier.
- Rose, R. J., Arnold, K. S., Church, S. & Paris, R. (1980). Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. *Equine Veterinary Journal*, 12(1), 19-22.
- Shirreffs, S. M., Taylor, A. J., Leiper, J. B., & Maughan, R. J. (1996). Post-exercise rehydration in man: Effects of volume consumed and sodium content of ingested fluids. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1260-1271.
- Shirreffs, S. M. & Sawka, M. N. (2011) Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29 (1), 39-46.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2016). *Physiology of Domestic Animals*. Third edition. Oslo. Scandinavian Veterinary Press.
- Sufit, E., Houpt, K. A. & Sweeting, M. (1985). Physiological stimuli of thirst and drinking patterns in ponies. *Equine Veterinary Journal*, 17(1), 12–16.
- Svensk Travsport, Svensk Galopp. (2016). *Förteckning över förbjudna substanser, åtgärder m.m. Karenstidslistor gällande från: 2016-09-05*. Tillgänglig: <https://travsport.se/wicket/bookmarkable/se.atg.web.travsport.page.polopoly.ArticlePage?6&cid=1.2135> [2018-04-30].