



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

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

Träningens påverkan på sporthästens muskelfysiologi

Gabriella Niklasson

*Uppsala
2017*

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen

Delnummer i serien: 2017:25

Träningens påverkan på sporthästens muskelfysiologi

The effect of training on muscle physiology of the sport horse

Gabriella Niklasson

Handledare: Sara Ringmark, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examinator: Eva Tydén, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: grund nivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0700

Program: Veterinärprogrammet

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Serienamn: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen

Delnummer i serie: 2017:25

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Träning, muskeladaptation, prestation, häst

Key words: Exercise, muscle adaption, performance, horse

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

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

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning.....	1
Summary	2
Inledning.....	3
Material och metoder	3
Litteraturoversikt.....	3
Fysiologiska egenskaper hos muskeln.....	3
Fibertyper och fiberarea.....	3
Enzymer	5
Gynnsamma egenskaper hos långdistanshästar	5
Gynnsamma egenskaper hos medeldistanshästar - travhästar	6
Träningsintensitetens påverkan på muskelfibrer och muskelenzym	6
Muskelfibrer	6
Enzymer	8
Diskussion.....	9
Slutsats	10
Referenslista.....	11

SAMMANFATTNING

Inom hästsport finns det ett flertal olika discipliner och extrema ytterligheter representeras både gällande tävlingar inom kortdistans och långdistans vilka alla ställer olika krav på hästarna och deras prestationer. Jag har valt att undersöka en del av den vetenskapliga litteratur som finns avseende muskelfysiologins betydelse för prestationsförmågan hos hästar som tränas för tävling inom distansritt och travsport. Mitt fokus ligger på sambandet mellan träningens upplägg och muskelns fysiologiska träningsadaptation med avseende på muskelfibertyper samt citratsyntas och HAD (3-OH-acyl-CoA dehydrogenas) vilka är viktiga enzym för syreförbränningsförmågan. Syreförbränningsförmågan är intressant eftersom den är av stor betydelse för prestationen hos både hästar som tävlar inom trav och distansritt.

Min frågeställning är ”Hur kan tränare inom olika hästsportdiscipliner disponera sin träning för att påverka hästens muskelfysiologi optimalt?”.

Den vetenskapliga litteraturen jag funnit inom området har visat att muskelfibertyp I som arbetar under aeroba förhållanden är gynnsam för hästar som ska tävla i distanslopp framför allt men den är även gynnsam för varmblodiga travhästar vilka utöver typ I har behov av typ IIA för att prestera optimalt. Travhästarnas träning bör därför främst inriktas på att öka kvoten av typ IIA:IIB. Varken travhästar eller distanshästar bör dock arbetas kortvarigt och vid hög intensitet då det har visats öka rekryteringen av fibertyp IIB vilket är en fibertyp som inte har visats vara gynnsam för dessa två discipliner.

De två enzym som tas upp, citratsyntas och HAD, används i studier för att ge en indikation om muskelns oxidativa kapacitet. Citratsyntas är viktigt för citronsyracykelns funktion och har visats gynnas vid träning av varierande intensitet och har också hittats i högre utsträckning hos högpresterande än lågpresterande hästar både inom distansritt och travsport. Enzymet HAD är viktigt för β -oxidation av fettsyror och resultat från studier indikerar att HAD ökar vid träning och att det är gynnsamt för distanshästar respektive travhästar medan andra studier inte har funnit någon effekt av träning och inte heller någon skillnad i aktivitet mellan olikpresterande hästar.

Slutsatsen blir att distanshästar gynnas av ett arbete som är långvarigt och vid låg intensitet för att den aeroba kapaciteten ska utnyttjas och förbättras medan medeldistanshästar även behöver ha högre intensitet i sitt arbete men fortfarande med en relativt lång varaktighet för att aktivering av både aerob och anaerob kapacitet ska ske.

SUMMARY

Within equestrian sports, several different disciplines and large variations are represented. Competitions within endurance as well as racing have different demands on the horses and their performance. I have chosen to study the scientific literature regarding the significance of muscle physiology for the performance of horses competing within endurance and Standardbred racing. The connection between exercise and the physiological adaptation of the muscle will be of main focus and especially different types of muscle fibres as well as citrate synthase and HAD, two enzymes important for the oxidative capacity during exercise. The oxidative capacity is interesting to study as it is of great importance for the performance of horses competing in both endurance and Standardbred racing.

The query of this study is "How can horse trainers within different disciplines dispose their training to have as optimal impact as possible on the horses muscle physiology?"

The scientific literature that has been studied have shown that muscle fibers of type I that is working aerobically have been found to be favorable for endurance horses as well as Standardbred horses although Standardbred horses also require type IIA to perform at their best. It is therefore important for the Standardbred horses to improve the ratio of fibre type IIA:IIB. Training with high intensity and short duration appears to recruit a higher proportion of muscle fibre type IIB which has not been shown to be beneficial for the performance of neither Standardbred nor endurance horses.

The two enzymes that is addressed, citrate synthase and HAD (3-OH-acyl-CoA dehydrogenase), is being analyzed in studies as an indication of the oxidative capacity of the muscle. Citrate synthase is important for the function of Krebs cycle and have been shown to have higher activity in horses with high performance than in horses with low performance for Standardbred as well as endurance horses. It has also been indicated that it is improved by training of varying intensities. HAD is an important enzyme for β -oxidation of fatty acids, it has been shown to have higher activity in high-performing horses than low-performing but in other studies no difference between low- and high- performing horses could be found. The effect of exercise also varies in studies from no change to improved activity.

The conclusion that can be drawn is that the performance of endurance horses is improved by exercise of low intensity and long duration to allow the aerobic capacity to be utilized and improved. Standardbred horses require in addition to relatively long duration a higher intensity in their exercise to activate aerobic as well as anaerobic capacity.

INLEDNING

För att skapa bästa möjliga förutsättningar för maximal prestation kan sporthästränare använda olika träningsprogram. Dessa ser olika ut beroende på vilken disciplin som är aktuell. På den ena sidan av skalan finns långdistanshästarna vilka tränas för att hålla ett tempo om t.ex. cirka 10 km/h i 10 mil under ett dygn (Essén-Gustavsson *et al.*, 1984). På andra sidan skalan finns kortdistanshästar, framför allt amerikanska Quarterhästar som anses vara den snabbaste hästen på korta distanser, i ett lopp på ca 402 meter (en kvarts engelsk mil) kan de komma upp i en hastighet om cirka 72 km/h (Swedish Quarter Horse Association 2017). Den här disciplinen kommer jag inte titta närmare på i den här litteraturstudien men den visar på de extrema ytterligheter inom hästsporten som ligger till grund för träningsuppläggen inom olika discipliner. Däremellan finns mellandistanserna där den största grenen i Sverige utgörs av travsport. De bästa svenska travhästarna höll 2016 en snitthastighet av cirka 50 km/h varierande med distans (Svensk travsport 2017a) och finalloppen i den svenska elitserien är vanligen 2140 meter (Svensk travsport 2017b). Det är rimligt att tro att olika raser har olika genetiska förutsättningar att prestera inom lång- respektive medel- och kortdistanslöpning och därför används mer frekvent inom olika discipliner.

Den här uppsatsen syftar till att undersöka en del av den vetenskapliga litteratur som finns avseende muskelfysiologins betydelse för prestationsförmågan inom distansritt och travsport. Jag har valt att titta närmare på sambandet mellan träningsupplägg och muskelns fysiologiska träningsadaptation med avseende på muskelfibertyper samt några viktiga enzym för syreförbränningsförmågan. Syreförbränningsförmågan är intressant eftersom den är av stor betydelse för prestationen hos både hästar som tävlar inom trav (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985) och distansritt (Rivero *et al.*, 1995).

MATERIAL OCH METODER

Till den här litteraturstudien har jag främst använt mig av artiklar som jag funnit via databasen Web of Science, i viss utsträckning även databaserna Scopus och PubMed. För att hitta relevanta artiklar har jag använt mig av sökorden muscle adaptation, performance, trotter, racehorses och endurance. Jag har även använt mig av välkända författare inom området, referenslistor i funna artiklar samt citeringar.

LITTERATURÖVERSIKT

Fysiologiska egenskaper hos muskeln

En muskel består av buntar av muskelfibrer där varje muskelfiber är omsluten av kapillärer (Sjaastad *et al.*, 2007). Muskelfibrerna i sin tur är uppbyggda av myofibriller vilket är de enheter som kontraherar. För att kontrahera är myofibrillerna beroende av ATP (adenosin-trifosfat). För att få tillgång till ATP är myofibrillerna omgivna av mitokondrier och mitokondrierna i sin tur är beroende av tillgång på syre och glukos för att kunna producera ATP. När muskeln inte är aktiv producerar den glykogen av glukos i blodet för att kunna lagra och senare utnyttja som glukos vid behov genom glykolys.

Fibertyper och fiberarea

För att kunna bedöma behovet av olika typer av muskelfibrer och därmed behovet av olika träningsupplägg för respektive disciplin behövs en förståelse för de olika typerna av fibrer i

skelettmuskulatur och hur deras kapacitet skiljer sig åt. Generellt förekommer muskelfibrer i tre olika typer hos hästar, dessa karaktäriseras av proteinet myosin vilket utgör den främsta komponenten i de tjocka filamenten. Protein av olika isoformer kan förekomma i en fiber men den övervägande proteintypen bestämmer klassificeringen (Rivero *et al.*, 1999). Fibertyperna hos häst har klassificerats som typ I, IIA, och IIB, uppdelningen av fibrer av typ II har dock ifrågasatts och hybrider har tillkommit. Den typ vars existens främst ifrågasatts är typ IIB och den har i flera studier på senare tid ersatts av IIX (Eto *et al.*, 2006; Lindner *et al.*, 2012). Genom proteinanalys har en studie indikerat att IIB inte förekommer hos häst utan har varit felklassificerad, den bör istället klassificeras som IIX (Rivero *et al.*, 1999; Eto *et al.*, 2006).

För att studera fibertyper används ofta olika histokemiska färgningar, ex. är ATPas ett enzym som kan färgas och vars förekomst har visats korrelera med muskelfibers kontraktionsförmåga (Lindholm & Piehl, 1974; Essén *et al.*, 1980). ATPas aktivitet är avgörande för myosinhuvudets förmåga att binda till aktinfilamenten (Sjaastad *et al.*, 2010). NADH-dehydrogenas är ett proteinkomplex i mitokondrien som är delaktigt i elektrontransportkedjan (Ferrier, 2011) och vid färgning ger en indikation om fibers oxidativa förmåga (Lindholm & Piehl, 1974; Essén *et al.*, 1980).

Typ I är en muskelfiber som endast arbetar aerobt och därför har liten fiberdiameter vilket ger den kort transportsträcka till kapillärerna (Sjaastad *et al.*, 2010). Typ IIA är en snabbare fiber som arbetar aerobt men även anaerobt medan typ IIB och IIX arbetar primärt anaerobt. Typ I är också den muskelfiber som är mest uthållig medan typ IIB och IIX är minst motståndskraftiga mot utmattning. De olika fibrerna skiljer sig i ytterligare en rad hänseenden av vilka en del visas i tabell 1 nedan. Hädanefter kommer jag att inkludera typ IIX i benämningen IIB, i tabell 1 kommer jag dock att särskilja dem för att visa på deras olika egenskaper.

Tabell 1. Egenskaper hos muskelfibrernas typer hos häst

Egenskaper	Fibertyper			
	Typ I	Typ IIA	Typ IIX	Typ IIB
Kontraktionshastighet ¹	Långsam	Medel	Snabb	Väldigt snabb
Antal mitokondrier ¹	Många	Många	Medel	Få
Antal kapillärer ¹	Många	Många	Få	Få
Fiberdiameter ¹	Liten	Medel	Stor	Stor
Glykogeninnehåll ¹	Lågt	Medel	Högt	Högt
PAS-färgning (glykogendistr) ²	Medel	Medel-Hög	Hög	-
Aktivitet ATPas ^{1,2}	Låg	Hög	Hög	Väldigt hög ⁽¹⁾
Förekomst NADH-dehydrogenas ²	Hög	Medel	Låg	-

1 Sjaastad *et al.*, 2010, 2 Lindholm & Piehl, 1974

Musculus gluteus medius är den muskel som oftast används i studier för att se hur musklerna påverkas av träning. En studie av muskeltyper hos travhästar i olika åldrar indikerar att *m. gluteus medius* påverkas mer av träning än de andra musklerna som studerades (*m. semitendinosus*, *m. vastus lateralis* och *m. triceps brachii*) (Essén *et al.*, 1980). *M. gluteus medius* är väldigt aktiv vid framåtrörelse hos hästen (Essén-Gustavsson *et al.*, 1989) och påverkas därför vid träning av olika intensitet (Rivero *et al.*, 1993) vilket gör den relevant att

studera. *M. gluteus medius* hade en högre kvot typ I:II hos hästar över 10 år (10-28 år) än hos föl (2 månader), fölen hade också högre andel typ IIB vilket innebär att de har lägre aerob/oxidativ kapacitet. Vid en jämförelse mellan tio tvååriga fullblodshästar i träning respektive på bete visades att vid träning minskade den procentuella förekomsten av typ IIB, medan typ IIA ökade för de hästarna respektive minskade för hästarna på bete (Yamano *et al.*, 2002).

För att mäta förekomst av de olika fibertyperna och hur de påverkas av träning är det vanligt att vid forskningsstudier ta muskelbiopsier i *m. gluteus medius* vid olika tidpunkter i träningsprogrammet. Lindholm & Piehl (1974) beskriver sin metod för biopsier som senare använts i flertalet studier (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985; Essén-Gustavsson *et al.*, 1989; Ronéus *et al.*, 1994). I studierna har de använt sig av en biopsinål med en ytterdiameter om 5 mm, applicerat lokalbedövning subkutant samt under fascian och sedan tagit ett prov 10 cm dorsokaudalt om trochanter major på tuber coxae. Med en skalpell gjordes sedan ett 5 mm långt snitt inklusive genom fascian. och sedan tagit en biopsi. Ett muskelprov om 20-40 mg erhöles sedan genom att föra den inre cylindern ut och in 1-3 gånger i den tjocka delen av muskelbuken 10 cm dorsokaudalt om trochanter major på tuber coxae. Varje prov tog ca 1-3 sekunder att ta och frystes sedan omedelbart i flytande kväve (Lindholm & Piehl, 1974). När prover tas på olika djup i muskeln visar det att förekomst av fibertyper skiljer sig åt, typ I ökar i förekomst medan typ IIB minskar i förekomst när prover tas djupare i muskeln (Rivero *et al.*, 1993).

Enzymer

Produktionen av ATP sker genom citronsyracykeln, för dess funktion finns flera viktiga enzym och ett av dem är citratsyntas vilket har använts i studier som ett mått på muskelns oxidativa kapacitet. Citratsyntas katalyserar reaktionen mellan acetyl CoA och oxaloacetat då citrat bildas i citronsyracykelns första steg samt första steget *de novo* fettsyresyntes (Ferrier, 2011). Ett annat viktigt enzym, 3-OH-acyl-CoA dehydrogenas (HAD), är viktigt vid β -oxidation av fettsyror och bildandet av substrat till citronsyracykeln (Ferrier, 2011). Dessa två enzym har visats öka successivt hos hästar upp till 5-10 års ålder (Essén *et al.*, 1980).

Gynnsamma egenskaper hos långdistanshästar

Hästar som tävlar i långdistanslopp arbetar under låg intensitet men under lång tid vilket gör att deras krav på syreförsörjning under arbete är hög. De behöver arbeta aerobt för att energilagret i form av muskelglykogen ska räcka så länge som möjligt (Snow *et al.*, 1981).

Hög andel typ I och typ IIA-fibrer samt en liten fiberarea kunde identifieras hos högpresterande hästar vid en jämförelse mellan hög- respektive lågpresterande långdistanshästar. Hästarna hade varit i träning under minst två år innan studien och bestod av araber och arabkorsningar där medelvärdet av de senaste 2-3 årens tävlingsresultat användes som grund för prestationsbedömningen (Rivero *et al.*, 1993). Ytterligare en studie som jämfört hög- med lågpresterande hästar fann högre förekomst av typ I hos de högpresterande men även högre förekomst av typ IIB hos de lågpresterande hästarna vilka var av olika raser som alla deltagit i ett 80 km-lopp och kategoriserades enligt tidigare tävlingsprestationer (Snow *et al.*, 1981). Det finns dock en studie som indikerar att fibertyp och area inte påverkar prestationen hos långdistanshästar eftersom ingen statistiskt signifikant skillnad kunde påvisas

mellan tre grupper vilka var uppdelade i en grupp deltagande i ett 100 km-lopp, en grupp med de först placerade i ett 50 km-lopp samt en grupp med långsammare deltagare i 50 km-loppet (Essén-Gustavsson *et al.*, 1984). Hästarna hade fått likvärdig träning de senaste 6 månaderna innan studiens start och var främst av typen varmblodiga travhästar.

Rivero *et al.*, (1995) fann ett samband mellan aktiviteten hos citratsyntas samt HAD och prestation. Hästar med bättre prestationer visade signifikant högre aktivitet hos både citratsyntas och HAD. Skillnaderna mellan provtagningsdjup visades dock vara större än skillnaderna mellan prestationskategorier då båda enzymen ökade med provtagningsdjupet. De fann också en högre koncentration av citratsyntas och HAD i typ I fibrer än i IIB. Även gällande enzymaktiviteten har Essén-Gustavsson *et al.*, (1984) dock funnit motstridiga resultat då citratsyntas och HAD fanns vara likvärdiga för de tre grupperna.

Gynnsamma egenskaper hos medeldistanshästar - travhästar

Hästarnas deltagande i travlopp kräver att de kan arbeta i både korta intensiva intervall som förutsätter anaerob kapacitet men även under distanser som kräver aerob kapacitet (Ronéus *et al.*, 1999).

Rekrytering av fibertyp I har funnits ske redan vid låg hastighet hos varmblodiga travhästar (Valberg, 1986) och förhållandet mellan fibrer av typ I och II verkar inte skilja sig mellan högpresterande, medelpresterande eller inaktiva hästar (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985) men för typ II har fiberarean funnits vara större hos inaktiva hästar än hos aktiva (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985). Den relativa fiberarean för typ I har funnits öka med träning (Ronéus *et al.*, 1994) men vara likvärdig för hög-, medel-presterande och inaktiva hästar (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985). Essén-Gustavsson & Lindholm (1985) valde att studera muskelfibrernas egenskaper hos högpresterande, medelpresterande respektive inaktiva varmblodstravare och inkluderade muskelbiopsier från 12 hästar i varje grupp för att analysera förekomst av olika fibertyper, deras area samt enzymaktivitet. Ronéus *et al.*, (1994) baserade sin studie på submaximala test bestående av 4 x 1000 metersintervaller av ökande hastighet samt två maximala test där hästarna skulle trava med så hög hastighet som möjligt under en distans om 1600 meter. Resultaten från de två studierna visar att muskelfibrer av typ IIA verkar förekomma i högre utsträckning än typ IIB hos högpresterande travhästar jämfört med hos inaktiva individer (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985) och att muskelfibrer av typ IIB visades minska både i förekomst och area vid träning (Ronéus *et al.*, 1994).

Då enzymaktiviteten hos hästarna med olika prestation analyserades fanns att de högpresterande hästarna hade högst aktivitet hos citratsyntas och HAD jämfört med de inaktiva vilka hade minst aktivitet (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985). Vid en jämförelse mellan individuellt prestationsindex och citratsyntas respektive HAD hittades dock ingen korrelation (Ronéus *et al.*, 1999).

Träningsintensitetens påverkan på muskelfibrer och muskelenzym

Muskelfibrer

För att anpassa hästens kropp efter det arbete den förväntas utföra och prestera optimalt behöver träningens varaktighet och intensitet beaktas. Flera studier har valt att relatera träningens intensitet till hästarnas VO_{2max} , vilket innebär maximal syreupptagningsförmåga i

volym. Det medger en individuell anpassning av träningen och kan användas som ett mått på hästens aeroba kapacitet.

Efter att individuella VO_{2max} uppmätts hos engelska fullblodshästar utsattes dessa för träningsprogram av olika varaktighet och intensitet för att analysera rekrytering av fibertyper samt förändring i muskelfibersammansättning (Eto *et al.*, 2004; Eto *et al.*, 2006; Yamano *et al.*, 2006). I två av studierna anges att hästarna var konventionellt tränade i antingen 3 månader (Yamano *et al.*, 2006) eller 2-8 månader (Eto *et al.*, 2004) innan studiens start.

Vid arbete om 60 % av VO_{2max} i 4 minuter var rekryteringen av samtliga fibertyper likvärdig jämfört med före träningen medan vid 8 minuter var rekryteringen av typ IIA/B samt IIB något högre än typ I och IIA (Yamano *et al.*, 2006). När underlaget jämfördes mellan sluttande och plant vid 60 % av VO_{2max} i 12 minuter sågs ingen statistiskt signifikant skillnad i rekryteringen av fibertyper, inte heller sågs skillnad mellan plant och sluttande underlag när intensiteten ökades till 90 % av VO_{2max} i 4 minuter (Eto *et al.*, 2006). Författarna resonerar att rekryteringen av olika fibertyper sannolikt påverkas av varaktighet och intensitet snarare än hastighet eftersom lägre intensitet och längre varaktighet ger likvärdig rekrytering som högre intensitet med kortare varaktighet.

Arbete vid 80 % av VO_{2max} visade att rekryteringen av IIB var något högre än de övriga fibertyperna såväl vid 4 minuter som vid 8 minuter jämfört med före träning (Yamano *et al.*, 2006). När hästarna sedan arbetades vid 100 % av VO_{2max} i 4 minuter sågs en relativt likvärdig rekrytering av samtliga fibertyper men något lägre av typ IIA/IIB.

När träningen förlades till 5 dagar/vecka under en 12 veckorsperiod med 2 x 5 minuter vid 80 % av VO_{2max} de första veckorna för att stegras till 2 x 4 minuter vid 80 % av VO_{2max} + 1 minut vid 100 % av VO_{2max} resterande 6 veckor visade hästarna vid provtagning efter fyra veckor samt efter 12 veckor ingen statistiskt signifikant förändring i fibertypssammansättning (Eto *et al.*, 2004). Däremot vid 18 veckors stegvis ökande intensitet från 75 % av VO_{2max} till 115 % med träning 5 dagar/vecka kunde en ökning av typ IIA och en minskning av typ IIB konstateras (Minami *et al.*, 2011).

Ett annat sätt att mäta arbetsintensitet är att relatera den till mjölksyratröskeln, alltså V_{LA4} vilket är den hastighet där koncentrationen laktat i blod eller plasma uppnår 4 mmol/L, det betraktas som mjölksyratröskeln och är alltså där mer laktat produceras än vad som transporteras bort, ju högre den är desto större aerob kapacitet. Studier har gjorts där man genom olika varaktighet och vid olika nivåer av blod- eller plasmalaktat har analyserat träningens påverkan på fibertyper.

En studiedesign, latin square, som innebär att risken för att individuella skillnader minskas genom att hästarna lottas till ett träningsprogram för att sedan skiftas så att alla hästarna genomgår samtliga program i olika ordning, användes vid en studie med 6 program x 6 hästar som utsattes för träningspass om 5, 15 resp 25 minuters träning vid antingen $V_{LA2,5}$ eller V_{LA4} . Varje träningsprogram omfattade 11 pass utförda varannan dag, visade att under den sammantagna träningsperioden då effekten av samtliga 6 träningsprogram analyserades tillsammans så ökade fibrer av typ IIA medan IIB minskade (Rivero *et al.*, 2007). Kvoten IIA:IIB ökade med programmets ökade intensitet och varaktighet, störst effekt sågs därför

vid arbete vid V_{LA4} i 25 minuter. En annan studie som använt sig av latin square-design (3 träningsprogram x 6 hästar) fann att förekomsten av de tre fibertyperna inte påverkades av träning vid $V_{LA1,5}$ under 45 minuter eller V_{LA4} under 25 minuter varannan dag under 6 veckor (Lindner *et al.*, 2013). Däremot ökade typ IIA i förekomst vid träning vid $V_{LA2,5}$ under 45 min varannan dag under 6 veckor och förändringen kvarstod delvis under den efterföljande viloperioden om 5 veckor som hästarna hade mellan varje träningsprogram. När de tre programmen analyserades tillsammans sågs en tendens hos muskelfibrer av typ IIB att minska i förekomst för att sedan öka igen under viloperioderna.

Enzymer

Aktiviteten hos citratsyntas har funnits öka med träning (Essén-Gustavsson *et al.*, 1989; Ronéus *et al.*, 1994), en ökning med 42 % uppmättes efter fem veckors daglig träning bestående av 6 dagar vid medelhastighet samt extra intervallträning två dagar per vecka och var sjunde dag utfördes standardiserat arbetstest (Essén-Gustavsson *et al.*, 1989). De påföljande fem veckorna bestod av nedtrappning där det enda arbetet var arbetstesten en gång per vecka och då hittades ingen förändring hos citratsyntasaktiviteten. Under studien mättes också HAD men för detta enzym kunde ingen skillnad mätas under de tio veckor studien pågick. Hos en grupp hästar som genomgick submaximala (4 x 1000 meterintervaller) samt maximala test uppmättes en ökning med 17,5 % av aktiviteten hos citratsyntas under träningsperioden (Ronéus *et al.*, 1994).

Citratsyntas och HAD har i andra studier visats öka vid träning för att sedan minska efter avslutad träning (Hodgson *et al.*, 1987; Serrano *et al.*, 2000). Vid en studie utförd i Australien inleddes träning för sju hästar i distansritt med 45-210 km den första månaden för att sedan öka och ligga huvudsakligen mellan 200 km och 400 km per månad men med några hästar som gick kortare respektive längre sträckor varje månad (Hodgson *et al.*, 1987). Träningen pågick under nio månader med muskelbiopsier vid studiens start samt efter tre, sex och nio månader samt vid tre månader efter avslutad träning (Hodgson *et al.*, 1987). Citratsyntas och HAD visades då öka efter tre månaders träning för att fortsätta öka och nå en maximal nivå vid träningsperiodens slut. Vid det avslutande provet hade nivåerna sjunkit nästan ner till de ursprungliga nivåerna. En minskning av citratsyntas och HAD efter tre månaders nedtrappning sågs även vid en studie som utsatte 16 andalusiska hästar för ett träningsprogram om en 20 km lång sträcka i varierande terräng fem dagar/vecka under 8 månader vid en intensitet som beräknades ligga på en nivå där hästarnas blodlaktat var ca 1 mmol/liter (Serrano *et al.*, 2000). Träningsperioden hade föregåtts av sex veckors förberedande träning och det visades ha ökat citratsyntas och HAD signifikant efter åtta månaders träning för att sedan minska till runt ursprunglig nivå efter tre månaders nedtrappning. Även V_{LA4} hade ökat med 30 % medan ingen förändring sågs för varken enzym eller V_{LA4} hos de åtta hästarna i kontrollgruppen som inte tränats. Efter 3 månaders nedtrappning hade V_{LA4} minskat med 15 % hos träningsgruppen.

Aktiviteten hos HAD har visats opåverkad efter 12 veckors träning av ökande intensitet från två intervall om fem minuter vid 80 % av VO_{2max} om dagen, fem dagar/vecka de första sex veckorna till två intervall om fyra minuter vid 80 % av VO_{2max} samt ett pass om en minut vid 100 % av VO_{2max} om dagen under resterande sex veckor (Eto *et al.*, 2004). Ingen förändring sågs av VO_{2max} eller V_{LA4} .

En studie som undersökte huruvida träning vid V_{LA10} påverkar V_{LA4} fann inte någon statistiskt signifikant skillnad på V_{LA4} (Lindner *et al.* 2009). Sex hästar fick då arbeta tre gånger per vecka om 2 x 5 minuters pass under sex veckor. Av de sex hästarna avvek två från medelvärdet varav den ena försämrade V_{LA4} och den andra initialt försämrade för att sedan återgå till det ursprungliga värdet. Författarna resonerar ifall intensiteten eller frekvensen kan ha varit för hög och aktiverat katabol metabolism varför V_{LA4} inte förbättrats. När sex hästar istället fick arbeta en gång/vecka, sex hästar två gånger/vecka respektive fem hästar tre gånger/vecka vid nära maximal intensitet (12-14 m/s) under 2 x 100 m intervall kunde en liten försämring av V_{LA4} hittas när resultaten analyserades sammanslagna från samtliga hästar (Lindner *et al.* 2012). Var för sig kunde dock ingen signifikant skillnad urskiljas och här resonerar författarna om det istället var för låg intensitet eller frekvens för att påverka V_{LA4} .

DISKUSSION

Föl har vid födseln en högre andel IIB-fibrer än vuxna hästar (Essén *et al.*, 1980) vilken sedan har visats successivt minska med träning och ålder (Essén *et al.*, 1980; Yamano *et al.*, 2002). Det är tänkbart att det för hästar som kräver en högre aerob kapacitet för sitt arbete, exempelvis distanshästar, tar längre tid att uppnå eftersträvade egenskaper än hos exempelvis travhästar där både aerob och anaerob kapacitet eftersträvas.

Både vid prestationer inom långdistans och medeldistans har ett positivt samband mellan HAD och citratsyntas visats (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985; Rivero *et al.*, 1995). Dock har individuellt prestationsindex inte visat något positivt samband mellan enzymen och hästarnas prestationer hos travhästar (Ronéus *et al.*, 1999). Det avvikande resultatet både gällande enzym och muskelfibrer för långdistanshästar hos Essén-Gustavsson *et al.*, (1984) skulle kunna förklaras med att arabhästar (Rivero *et al.*, 1995) respektive primärt varmblodiga travhästar (Essén-Gustavsson *et al.*, 1984) användes i studierna vilka dels kan ha varit tränade för trav tidigare vilket troligtvis har påverkat deras muskelegenskaper och dels har olika genetiska förutsättningar varför resultatet från Essén-Gustavsson *et al.*, (1984) kanske bör tolkas med viss försiktighet. Citratsyntas har i ett flertal studier visats påverkas positivt av träning både vid längre distanser (Hodgson *et al.*, 1987; Serrano *et al.*, 2000) och vid medelintensiv träning (Essén-Gustavsson *et al.*, 1989). HAD har uppvisat något mer ojämna resultat där studier funnit att det inte påverkas av träning (Essén-Gustavsson *et al.*, 1989; Eto *et al.*, 2004) samt att aktiviteten höjs av träning (Hodgson *et al.*, 1987; Serrano *et al.*, 2000) vilket gör det svårt att dra några slutsatser om dess träningsbarhet hos hästar.

När fibertyperna tas i beaktande kan det konstateras att fibertyp I och IIA som visats vara gynnsamma för distansritt (Snow *et al.*, 1981; Rivero *et al.*, 1993) främst rekryteras vid lägre intensitet och/eller vid lång varaktighet. Vid samma varaktighet rekryteras fler typ IIB under arbete vid 80 % av VO_{2max} än vid 60 % av VO_{2max} (Yamano *et al.*, 2006).

För travhästar verkar rekryteringen av typ I och II inte skilja sig mellan högpresterande respektive lågpresterande hästar (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985; Ronéus *et al.*, 1994) däremot fiberarean för typ II har visats vara större hos inaktiva hästar och kvoten IIA:IIB har visats större hos högpresterande hästar (Essén-Gustavsson & Lindholm, 1985). För att gynna kvoten IIA:IIB bör både intensitet och varaktighet ökas (Rivero *et al.*, 2007) men sänkt intensitet kan också kompenseras med ökad varaktigheten (Lindner *et al.*, 2013). Ökad

intensitet kan åstadkommas genom ökad hastighet eller ökat motstånd som till exempel arbete i uppförslutning (Eto *et al.*, 2006) där ökat motstånd kan tänkas innebära en potentiellt mindre skaderisk jämfört den vid högre hastighet.

Ett kortvarigt arbete under relativt hög intensitet är dock inte gynnsamt för varken distanshästar eller varmblodiga travhästar eftersom det genererar en högre rekrytering av typ IIB än både typ I och IIA (Yamano *et al.*, 2006).

De flesta studierna har ett litet antal hästar som underlag vilket är problematiskt, risken för att individuella skillnader ska påverka resultatet kan dock minskas genom att använda sig av exempelvis studiedesignen latin square (Rivero *et al.*, 2007; Lindner *et al.*, 2012). De deltagande hästarna har sannolikt även utsatts för olika träning innan deltagandet vilket ger olika förutsättningar och det är inte heller känt hur tidigare träning påverkar hästarnas medverkan i studier.

Olika studier har i viss utsträckning fått olika resultat gällande förekomst av fibertyper, en orsak till detta skulle kunna vara att olika provtagningsdjup ger olika resultat (Rivero *et al.*, 1993) då provtagningsdjupet har varierat i studierna och finns inte heller alltid angivet. Det är också tänkbart att olika resultat kan genereras av att använda sig av löpband och andningsmask jämfört med fältstudier och betydelsen för prestationen beroende på de förutsättningarna vore intressant att undersöka.

Eventuella effekter av exempelvis könsskillnader, ras och ålder har jag inte kunnat täcka in inom ramen för den här litteraturstudien. Även glykogenförbrukning är en mycket viktig faktor som jag har fått lämna utanför det här arbetets omfattning. Det här arbetets omfattning är liten och det finns många andra parametrar som påverkas med träning och som är kopplade till verklig prestationsförmåga.

Slutsats

Ett entydigt svar på frågeställningen, hur kan tränare inom olika hästsportdiscipliner disponera sin träning för att påverka hästens muskelfysiologi optimalt?, kan vara svårt att ge men det finns flera indikationer på att distanshästar gynnas av ett arbete som är långvarigt och vid låg intensitet för att den aeroba kapaciteten ska utnyttjas och förbättras medan medeldistanshästar även behöver ha högre intensitet i sitt arbete men fortfarande med en relativt lång varaktighet för att aktivering av både aerob och anaerob kapacitet ska ske. Varken travhästar och distanshästar bör dock arbetas kortvarigt och med hög intensitet då det har visats öka den anaeroba kapaciteten och rekryteringen av fibertyp IIB.

REFERENSLISTA

- Essén, B., Lindholm, A. & Thornton, J. (1980). Histochemical properties of muscle fibre types and enzyme activities in skeletal muscles of Standardbred trotters of different ages. *Equine Veterinary Journal*, 12: 175-180.
- Essén-Gustavsson, B., Karlström, K. & Lindholm, A. (1984). Fibre types, enzyme activities and substrate utilisation in skeletal muscles of horses competing in endurance rides. *Equine Veterinary Journal*, 16: 197-202.
- Essén-Gustavsson, B. & Lindholm, A. (1985). Muscle fibre characteristics of active and inactive Standardbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 17: 434-438.
- Essén-Gustavsson, B., McMiken, D., Karlström, K., Lindholm, A., Persson, S., Thornton, J. (1989). Muscular adaptation of horses during intensive training and detraining. *Equine Veterinary Journal*, 21: 27-33.
- Eto, D., Yamano, S., Mukai, K., Sugiura, T., Nasu, T., Tokuriki, M. & Miyata, H. (2004). Effect of high intensity training on anaerobic capacity of middle gluteal muscle in Thoroughbred horses. *Research in Veterinary Science*, 76: 139-144.
- Eto, D., Yamano, S., Hiraga, A. & Miyata, H. (2006). Recruitment pattern of muscle fibre type during flat and sloped treadmill running in Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, Suppl. 36: 349-353.
- Ferrier, D. R. (2011). *Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry*. Sixth edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Hodgson, D. R. & Rose, R. J. (1987). Effects of a nine-months endurance training program on muscle composition in the horse. *Veterinary Record*, 121: 271-274.
- Lindholm, A. & Piehl, K. (1974). Fibre composition, enzyme activity and concentrations of metabolites and electrolytes in muscles of Standardbred horses. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 15: 287-309.
- Lindner, A., López, R. A., Durante, E., Ferreira, V. & Federico, F. M. B. (2009). Conditioning Horses at v10 3 times per Week Does Not Enhance v4. *Journal of Equine Veterinary Science*, 29: 828-832.
- Lindner, A., Signorini, R., Brero, L., Arn, E., Mazzini, R. & Enriques, A. (2012). Effect of Conditioning Horses once, Twice, or Thrice a Week with High-Intensity Intermittent Exercise on v4. *Journal of Equine Veterinary Science*, 32: 153-157.
- Lindner, A., Dag Erginsoy, S., Kissenbeck, S., Mosen, H., Hetzel, U., Drommer, W., Chamizo, V. E. & Rivero, J-L. L. (2013). Effect of different blood-guided conditioning programmes on skeletal muscle ultrastructure and histochemistry of sport horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97: 374-386.
- Minami, Y., Kawai, M., Migita, T. C., Hiraga, A. & Miyata, H. (2011). Free Radical Formation after Intensive Exercise in Thoroughbred Skeletal Muscles. *Journal of Equine Science*, 22: 21-28.
- Rivero, J-L. L., Serrano, A. L., Henckel, P. & Agüera, E. (1993). Muscle fiber type composition and fiber size in successfully and unsuccessfully endurance-raced horses. *The American Physiological Society*, pp. 1758-1766.
- Rivero, J-L. L., Serrano, Serrano, A. L. & Henckel, P. (1995). Activities of selected aerobic and anaerobic enzymes in the gluteus medius muscle of endurance horses with different performance records. *Veterinary Record* 137: 187-192.
- Rivero, J-L. L., Serrano, A. L., Barrey, E., Valette, J. P. & Jougin, M. (1999). Analysis of myosin heavy chains at the protein level in horse skeletal muscle. *Journal of Muscle Research and Cell Motility* 20: 211-221.
- Rivero, J-L. L., Ruz, A., Martí-Korff, S., Estepa, J-C., Aguilera-Tejero, E., Werkman, J., Sobotta, M. & Lindner, A. (2007). Effects of intensity and duration of exercise on muscular responses to training of thoroughbred racehorses. *Journal of Applied Physiology*, 102: 1871-1882.

- Ronéus, N., Essén-Gustavsson, B., Lindholm, A. & Eriksson, Y. (1994). Plasma lactate response to submaximal and maximal exercise tests with training, and its relationship to performance and muscle characteristics in Standardbred trotters. *Equine Veterinary Journal*, 26: 117-121.
- Ronéus, N., Essén-Gustavsson, B., Lindholm, A. & Persson, S. (1999). Muscle characteristics and plasma lactate and ammonia response after racing in Standardbred trotters: relation to performance. *Equine Veterinary Journal*, 31: 170-173.
- Serrano, A. L., Quiroz-Rothe, E. & Rivero, J-L. L. (2000). Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining. *European Journal of Physiology*, 441: 263–274.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2nd edition. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Snow, D. H., Baxter, B. & Rose, R. J. (1981). Muscle fibre composition and glycogen depletion in horses competing in an endurance ride. *Veterinary Record*, 108: 374-378.
- Svensk Travsport (2017-02-11b). *Tävlingar / V75*. <https://www.travsport.se/artikel/v75> [2017-03-16]
- Svensk Travsport (2017-03-01a). *Årsstatistik*. www.travsport.se Svensk travsport/Travsporten i siffror/Årsstatistik/Årsstatistik 2016 [2017-03-16]
- Swedish Quarter Horse Association (2017-02-11). *Den Amerikanska Quarterhästen*. <http://sqha.dinstudio.se/0/35/quarterhasten/> [2017-03-16]
- Valberg, S. (1986). Glycogen depletion patterns in the muscle of Standard bred Trotters after exercise of varying intensities and durations. *Equine Veterinary Journal*, 18: 479-484.
- Yamano, S., Eto, D., Sugiura, T., Kai, M., Hiraga, A., Tokuriki, M. & Miyata, H. (2002). Effect of growth and training on muscle adaptation in Thoroughbred horses. *American Journal of Veterinary Research*, 63:1408–1412.
- Yamano, S., Eto, D., Hiraga, A., Miyata, H. (2006). Recruitment pattern of muscle fibre type during high intensity exercise (60–100% VO₂max) in Thoroughbred horses. *Research in Veterinary Science*, 80: 109–115.