



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för Veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Hippologenheten

Seminariekurs i hästens biologi, 5 hp **2016-2017**

**Träningens och mineralämnens påverkan på den
unga hästens skelett**

Mathilda Hauptmann

Strömsholm

HANDLEDARE:

Nina Roepstorff, Strömsholm

Seminariekurs i hästens biologi (HO0084) är en obligatorisk del i hippologutbildningen och syftar till att ge de studerande grundläggande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt kunna analysera och relatera olika värden, samt redogöra för uppgift skriftligt och muntligt. Föreliggande arbete är således ett studentarbete på A-nivå och dess innehåll, resultat och slutsatser bör bedömas mot denna bakgrund.

Innehållsförteckning

REFERAT	3
INLEDNING	3
Problemställning	4
Syfte	4
Frågeställning	4
LITTERATURSTUDIE	4
Biokemiska markörer	4
Bentäthet.....	5
Hållfasthet: stöt- och böjprov	5
Mineralbalans och benmetabolism.....	6
DISKUSSION	7
Biokemiska markörer	7
Densitet.....	8
Hållbarhet	8
Studiernas metoder	8
Resultatens betydelse, tillämpning och vidare studier	9
Slutsats	10
REFERENSLISTA.....	11
Litteratur.....	11

REFERAT

Den unga hästens skelett är under uppbyggnad och tillväxt, vilket gör att dess konstruktion är extra känsligt för påfrestningar. Skador på skelettet ger ofta lång frånvaro från träning och i många fall kan det leda till döden. Detta kan få stora ekonomiska konsekvenser för ägaren, men väcker givetvis även tankar inom djurskyddsperspektivet. Syftet med denna litteraturstudie är att belysa vad träning har för påverkan på den unga hästens mineralomsättning och dess skelett. I följande litteraturstudie utreds därmed frågeställningen: hur påverkas den unga hästens skelett och dess mineralbehov gällande kalcium (Ca) och fosfor (P) av träning?

Resultaten från de studier som tagits del av stärker varandra. Studierna kunde påvisa att skelettets densitet ökar med träning, vilket gör det mer hållfast. Koncentrationen mineraler visades öka i skelettet och bidrog därmed till den ökade densiteten. Även andra biokemiska markörer visade på uppbyggnad och stärkande av skelettet. Skelettet kunde med nämnda faktorer påvisas starkare efter att träningsperioden avslutats.

Slutsatsen är att den tvååriga hästens skelett och mineralbehov påverkas av träning. Intaget av mineraler är en viktig del av skelettmetabolismen och krävs för att kunna ge hästen ett starkare skelett. Skelettet blir starkare av träning och en foderstat med ökad mineralmängd Ca och P kan ha betydelse för skelettets utveckling, om hästen utsätts för träning likt studiernas upplägg.

INLEDNING

Hästen har utvecklats under många miljoner år och tillhör familjen hästdjur, *Equidae*. Under evolutionen har hästen utvecklats från en liten varelse på cirka 50 centimeter i mankhöjd till det ståtliga djur människan idag kan nyttja inom många olika områden. Trots olika arter i hästsläktet, som ser olika ut, har de alla en sak gemensam, den inre anatomin. (Attrell et al. 1999)

Beroende på ras och kön är skelettet olika i både form och grovhet. Skelettet är ett levande material, vilket innebär att det byggs upp och bryts ner under hela hästens liv. Skelettet är inte riktigt så hårt som man kan tro, då viss elasticitet krävs för att det ska hålla under de stora krafter som det utsätts för. (Attrell et al. 1999)

Skelettets uppbyggnadsprocess är känsligt och i vissa fall sker rubbningar. Därav får utfodring och rörelse i form av motion en mycket betydande roll för kvaliteten och hållbarheten på unghästens skelett. (Attrell et al. 1999)

I och med att skelettet ger efter för vissa krafter kommer dess form och även kvaliteten på benet att anpassas efter hur stor belastning det utsätts för. Till skillnad från musklernas snabba anpassning till fysiskt arbete sker anpassningen av belastning på skelett långsammare. Detta innebär att risken för överansträngning på skelettet är stor. Vila har visats ha en betydande roll för skelettets återhämtning, uppbyggnad och stärkande. (Holmes et al. 2014)

Skelettet består till stor del av mineraler. I och med detta kan det tjäna som mineralreservoar om foderstaten inte skulle möta det kroppsliga behovet. Just kalcium (Ca) och fosfor (P) har

en stor betydelse för skelettets uppbyggnad. Ca och P tillsammans med magnesium (Mg) ger skelettet de viktiga egenskaperna hållfasthet och styvhet. Nämnade mineralämnena är alltid i omsättning, liksom många av skelettets andra beståndsdelar. Följande gynnar det i sin tur mineralreservoarens roll och remodeleringen av skelettet vid tillväxt och utveckling. Med hjälp av de kunskaper som finns gällande Ca och P möjliggör detta att kunna mäta hur mineralerna fördelas och används vid träning, uppbyggnad och tillväxt av skelettet. (Frape 1986)

National research council, NRC (1989) har utformat utfodringsrekommendationer för häst bland annat baserat på forskning och experters utlåtande i praktiken. Materialet är dock inte en sammanställning eller ett genomsnitt på all forskning och alla uttalanden som finns, utan är utvalt beroende på relevans.

Problemställning

Skelettet hos den unga hästen är under utveckling och ger efter för påfrestningar i större grad än den vuxna hästens skelett (Frost 1987). Skador på skelettet leder ofta till en långdragen konvalescens och i många fall döden. Främst i galoppsporten är skelettskador vanligt, då hästarna vid två års ålder börjar tränas för att kunna springa lopp. (Jeffcott et. al 1982)

Syfte

Syftet med följande studie är att belysa vad träning har för påverkan på den unga hästens mineralomsättning och dess skelett.

Frågeställning

Hur påverkas den unga hästens skelett och dess mineralbehov gällande kalcium och fosfor av träning?

LITTERATURSTUDIE

Biokemiska markörer

I artikeln författad av Price et al. (1999) ingick 12 hästar i studien, varav sex stycken var försöksdjur och resterande kontrollgrupp. Hästarna var två år gamla vid studiens början. Samtliga hästar var uppstallade och skrittades i skrittmaskin 40 minuter per dag. Försöksdjuren motionerades även, till skillnad från kontrollgruppen, på ett löpband tre gånger i veckan. För att kunna mäta avvikelser i benmetabolismen togs blodprover, vilka togs vid samma tidpunkt varje dag. I proverna analyserades olika faktorer som kunde visa på förändringar i skelettet. Bland annat koncentrationen av PICP (prokollagen typ 1), vilket är ett protein som ses vid ökad skelettmetabolism. Koncentrationen av ett skelettspecifikt enzym vid namn alkaliskt fosfatas (ALP) undersöktes även, vilket kan visa på skelettillväxt. Genom att titta på den procentuella förändringen i medelvärdena hos analyserna över tid kom man fram till ett resultat.

Av resultaten kunde avläsas att samtliga värden som uppmätts från kontroll- och försöksgrupperna skildes åt under och efter försöksperioden. PICP- och ALP-värdet ökade över tid och var ständigt högre i experimentgruppen än i kontrollgruppen. (Price et al. 1999)

Bentäthet

I studien utförd av Firth et al. (1999) undersöktes hur densiteten i skelettet förändras med träning.

Studien innehöll 12 stycken fullblodsston kring 18 månader gamla. Hästarna parades ihop efter mankhöjd och vikt. En häst i varje par valdes slumpmässigt ut till kontrollgruppen, den andra till experimentgruppen. (Firth et al. 1999)

Hästarna tränades i 18 månader, med olika intensitet beroende på vilken grupp de hamnat i. Försöksgruppen motionerades på löpband i galopp tre gånger i veckan, i olika hastigheter och på olika distanser. De travades även 10 minuter på ett löpband tre gånger i veckan. Sex dagar i veckan gick de i skrittmaskin 40 minuter. Kontrollgruppen skrittades i skrittmaskin 40 minuter sex dagar i veckan. (Firth et al. 1999)

Efter det sista träningstillfället slaktades hästarna och man tog vara på två benbitar i hästarnas carpus, vilka var samma för samtliga. Skelettdelarna sågades i skivor, vilka sedan röntgades. Röntgenbilderna undersöktes visuellt för att studera om det fanns skillnader i densiteten på olika platser i proverna. (Firth et al. 1999)

Förutom traditionell röntgenundersökning scannades skelettdelarna genom dubbelenergi röntgenabsorptiometri (DEXA), som med hjälp av en annan typ av strålning framkallar bilder. Detta för att kunna utvärdera skelettets densitet. Dock kan metoden endast användas för att utvärdera densiteten på provernas ytor. Med beräkningar kunde densiteten hos hela skelettdelen utvärderas. (Firth et al. 1999)

Proverna från kontrollgruppen jämfördes med proverna från experimentgruppen. Den visuella undersökningen av röntgenbilderna visade högre densitet hos gruppen som motionerats. Vid utförande av den visuella undersökningen valdes specifika platser av intresse ut på skelettdelarna. Undersökningen av de utvalda platserna på skelettdelarna påvisades mindre porösa och med högre densitet hos de tränade hästarna än hos kontrollgruppen. (Firth et al. 1999)

Hållfasthet: stöt- och böjprov

Författarna Reilly, Currey och Goodship (1997) har genom sin studie undersökt skelettets hållfasthet, stöttålighet och belastningsuthållighet.

Undersökningen innehöll åtta stycken ston, där samtliga var kring 19 månader gamla. Hästarna parades ihop efter storlek, och genom ett slumpmässigt urval valdes den ena in i kontrollgruppen och den andra till försöksgruppen. Studien utfördes under 19 veckor. Samtliga hästar var uppstallade på box och under försöksperioden gick samtliga hästar i en skrittmaskin 40 minuter om dagen sex dagar i veckan. Utöver detta motionerades försöksgruppens hästar på två olika sätt. Antingen travades hästarna på en volt 20 minuter i båda varven eller så galopperades de på ett löpband. Man ökade träningen med tiden beroende på hästens anpassning till träningen. (Reilly, Currey & Goodship 1997)

Mot studiens slut slaktades hästarna och samtliga hästars högra skenben togs från kontroll- och experimentgruppen. Djupa och ytliga bitar sågades ut från skelettet på motsvarande ställe på respektive ben. Proverna utsattes därefter för belastning i olika form. Antingen för stötbelastning eller för långsam belastning (böjprov) med olika vikter. Vid böjprovet mättes

bland annat skelettets elasticitet och böjhållfasthet. De prover som brast under testen undersöktes under mikroskop, där mikrosprickor som uppstod under försöket var av intresse. (Reilly, Currey & Goodship 1997)

Resultatet för böjprovet visade att medelvärdena för testgruppen och kontrollgruppen inte skildes åt betydande vad gäller elasticitet och böjhållfasthet. Vad gäller resultaten för stötbelastningen fanns en anmärkningsvärd skillnad mellan kontroll- och experimentgruppen. Skelettet från experimentgruppen visades vara 49 procent starkare än kontrollgruppens. (Reilly, Currey & Goodship 1997)

Genom att jämföra resultaten kunde även skillnader mellan de olika regionerna i skelettet undersökas. Exempelvis hade proverna som tagits från de yttre delarna av skelettet sämre elasticitetsförmåga och böjhållfasthet men en högre stöttålighet än proverna som tagits från den inre zonen. De prover som tagits från skelettets yttre delar visades ha en högre stöttålighet i både kontrollgruppen och försöksgruppen än delar från den inre zonen i skelettet. (Reilly, Currey & Goodship 1997)

Mineralbalans och benmetabolism

Studien som utfördes av Nielsen et al. (1998a) pågick i 112 dagar. I studien användes tio hästar omkring två år gamla. Dessa var uppstallade på box och utfodrades enligt NRC:s rekommendation för hästar som inte är i träning. Hästarna vandades vid dieten 19 dagar och under den perioden skrittades hästarna i skrittmaskin en timme om dagen. Hästarna började efter de 19 dagarna att tränas och bytte därför till en diet anpassad för hästar i träning, rekommenderad av NRC. (Nielsen et al. 1998a)

Försökets syfte var att undersöka förändringar i mineralbalansen och skelettets densitet från ett tillstånd där hästarna inte tränats innan. Därav ansågs dag noll i studien tjäna som kontroll för varje djur (Nielsen et al. 1998a).

Röntgenbilder togs av vänster framben för att se hur densiteten i skelettet och benmineralinnehållet förändrades under studiens gång. Dessutom togs blodprover för att bestämma koncentrationen av Ca, P och även halten osteokalcin, vilket är ett skelettprotein. Efter att träningen inletts samlades blodserum in var fjortonde dag, medan röntgenbilder togs var fjärde vecka fram till studiens slut (112 dagar). Under studien samlades även träck och urin in, detta för att kunna bedöma hur stor del av mineralintaget som tagits upp i hästens kropp. (Nielsen et al. 1998a)

Hästarna tränades i perioder på en sandbana, där träningsintensiteten ökade med tiden. I början vandades hästarna vid träningen, och allt eftersom ökade man distanserna, minskade antalet träningstillfällen och i slutet av försöket ändrades hastigheten. De dagar hästarna inte tränades skrittades de i skrittmaskin en timme om dagen. (Nielsen et al. 1998a)

Resultaten visade att densiteten i skelettet förändrades under mättillfällena. Flertalet röntgenbilder visade en ökad densitet i skelettet. Däremot skedde det något olika då densiteten i vissa fall minskade innan den ökade, eller att densiteten hölls konstant innan den ökade. (Nielsen et al. 1998a)

Resultatet för mineralämnena visade att koncentrationen Ca och P ökade till en början i blodet, men minskade med tiden. Halterna var dock alltid inom normalvärdet för häst.

Osteokalcinkoncentrationen var i början av studien förhöjd, minskade därefter något för att sedan stiga igen. (Nielsen et al. 1998a)

I studien av Nielsen et al. (1998b) deltog 12 otränade valacker i åldrar kring två år. Dessa delades in i två grupper. Fyra av hästarna utgjorde kontrollgrupp, medan resterande utgjorde försöksgrupp. Hästarna i kontrollgruppen utfodrades med en låg koncentration Ca och P, medan försöksgruppen utfodrades med en ökad koncentration Ca och P. (Nielsen et al. 1998b)

Hästarna var uppstallade på box och utfodrades efter NRC:s rekommendationer. Hästarna vandes vid fodret i nio dagar. Givorna bestod av ett förhållande mellan kraft och grovfoder på 65 procent respektive 35 procent. Vid invänjningsperioden gick hästarna i skrittmaskin en timme två gånger om dagen. (Nielsen et al. 1998b)

Hästarna sattes vid studiens början in i ett träningsystem som bestod av fyra perioder (sammanlagt 112 dagar). Intensiteten ökade under studiens gång, där träningstillfällena minskade då distansen och hastigheten ökade. Träningen skedde på sand. Tränades inte hästarna gick de i skrittmaskin en timme om dagen. (Nielsen et al. 1998b)

Under studien röntgades hästarnas vänstra skenben med 28 dagars mellanrum mellan bilderna. Syftet med röntgenundersökningen var att kunna utläsa hur skelettets densitet, volym och mineralkoncentration förändrades. Utöver röntgenbilderna togs även blodprover en gång var fjortonde dag. Koncentrationen av Ca, P och osteokalcin kunde därmed utvärderas. Under studien samlades även prover av träck och urin in. Detta för att kunna beräkna mineralupptaget hos hästen. (Nielsen et al. 1998b)

Röntgenbilderna visade att försöksgruppens skelett tenderade att ha högre densitet än kontrollgruppen. Densiteten hos kontrollgruppen hölls relativt oförändrad eller minskade något. Densiteten hos försöksgruppens skelett var aldrig mindre än värdet dag noll, utan hölls konstant eller ökade genom hela försöket. (Nielsen et al. 1998b)

Koncentrationerna Ca i blodet var något lägre hos försöksgruppen än hos kontrollgruppen medan halten P ökade i båda grupperna och det kunde inte påvisas någon skillnad mellan kontrollgruppen och försöksgruppen. Osteokalcinhalten upptäcktes öka hos försöksgruppen vid studiens början och hölls därefter förhöjd (Nielsen et al. 1998b).

DISKUSSION

Biokemiska markörer

Det finns många parametrar som pekar mot att skelettet blir starkare och därmed mer hållbart av träning. Till att börja med visar blodproverna som togs att det sker en förändring vad gäller biokemiska markörer när hästen utsätts för träning. Både proteinet PICP, som visar på ökad benmetabolism, och ALP, som visar på bentillväxt, ökade när hästarna började tränas (Price et al. 1999).

I studierna av Nielsen et al. (1998a, 1998b) visade osteokalcinhalten en ökning i koncentration. Det höjda värdet indikerar alltså att skelettmetabolism sker, där det först bryts ner och därefter byggs upp på grund av och med hjälp av nämnt protein. Alltså sker remodelering.

Att titta på biokemiska markörer ger som sagt en indikation av vad som sker i hästens kropp. Informationen från de markörer som använts vid studien kan i sin tur användas för att

återspegla hur långsiktiga anpassningar sker i de skelettdelar som är de främst vikt bärande. (Price et al. 1999)

Vidare visade mineralämnena, Ca och P, en något annorlunda kurva. När hästarna började tränas ökade värdena, för att sedan sjunka med tiden. Förklaringen är dels att hästarna bytte diet i början av studien och fick ett ökat intag av Ca och P, vilket inte togs upp av hästens kropp då det inte fanns behov av det i metabolismen. När träningen började rekvirerades mineraler från skelettet, till exempel Ca och P. Dessa resorberades från blodet av skelettet i hästens extremiteter, där det för tillfället behövdes mer. I och med detta hamnade både de mineraler som tagits upp från fodret och de som frisatts från skelettet i blodet och gav därför ett ökat utslag på blodproverna. När benbildningen vidare ökade med tiden, då träningsintensiteten ökade, krävdes mer mineralämnen, vilket gjorde att värdena i blodet minskade. (Nielsen et al. 1998a)

Densitet

Densiteten visade överlag, i de studier där det undersöktes, öka vid träningen. Detta är i de flesta fall positivt (Reilly, Currey & Goodship 1997). Förändras dock densiteten enbart vid specifika punkter kan det leda till snedbelastning, där de platser med högre densitet tar emot större krafter än de med lägre densitet. Detta gör att skelettet förlorar viss elasticitet. (Firth et al. 1999)

Röntgenbilderna som togs i samband med Nielsen et al. (1998a, 1998b) studier visade en generell ökning av skelettets densitet över tid. Den minskning av densiteten som till en början skedde förklaras av att skelettet först frisätter mineraler och därmed försvagas, då det inte anpassar sig till träningen tillräckligt snabbt. När skelettet sedan anpassats till påfrestningen har mer mineraler tagits upp av skelettet, och därmed ökar densiteten.

Hållbarhet

Undersökningen som utfördes av Reilly, Currey och Goodship (1997) visade att de tränade hästarna hade mindre poröst skelett och därmed högre densitet, då proverna vid stötbelastningen höll bättre om skelettet var tränat än om det inte var det. Vad gäller böjhållfasthet och elasticitet beror den obetydliga skillnaden mellan grupperna på skelettmaterialets struktur, då det inte skiljer sig betydande mot varandra. Detta eftersom hästarna i grupperna är i samma stadium i skelettets utveckling. Belastningen är även det en faktor som är betydande för skelettets elasticitet och böjhållfasthet. Eftersom båda grupperna har belastat skelettet, men olika mycket, blir skillnaden mellan grupperna mindre.

Vidare, när det kommer till skelettets olika hållfasthet vad gäller inre och yttre skelettvävnader kan skillnaden i hållfasthet bero på skelettets struktur med kortikal (yttre) och spongiös (inre) benvävnad i de långa rörbenen. Den kortikala benvävnaden har högre densitet och har därför mindre hålrum än vad den spongiösa benvävnaden har vilken därför går sönder lättare vid slag. Mikrosprickorna som uppkom i samband med slaget är i själva verket en positiv egenskap då skelettet därav får en seghet som gör att större sprickor inte uppkommer så enkelt. (Reilly, Currey & Goodship 1997)

Studiernas metoder

Studierna har använt sig av olika metoder, som på olika sätt berör ämnet och gör det möjligt att utvärdera resultaten på ett bra sätt. Av de studier som uppmärksammats har

träningssupplägg och utformningen av träningen varit olika. I studien av Reilly, Currey och Goodship (1997) longerades hästarna. I studiens metodbeskrivning användes detta träningsätt för att påverka skelettet med större krafter. Detta kan givetvis vara bra för att kunna se ett tydligt resultat. Däremot kan resultatet bli något missvisande om det är tänkt att det ska vara direkt jämförbart andra träningsupplägg, som exempelvis används i Nielsen et al. (1998a) studie.

Träningen på löpband kan även det tänkas vara mer påfrestande på skelettet, då det är större friktion i underlaget än om hästarna istället tränas på sand. Vad detta kan ha för konsekvenser går bara att spekulera i och behöver stödjas med forskning. (Firth et al. 1999)

Fortsättningsvis kan metoderna granskas något vad gäller utfodringen. I studierna av Nielsen et al. (1998a, 1998b) har författarna till artiklarna uttryckt tydligt vad för typ av foder och näringsinnehåll som varit aktuellt. Däremot har övriga studier inte nämnt utfodringen. Med tanke på resultatet i studierna där de varit noga med att informera om näringsinnehållet kan mycket väl utfodringen ha haft betydelse för resultaten i de studier där utfodringen inte nämnts. Däremot har studier, med syfte att enbart undersöka mineralernas inverkan på skelettet utan träning, inte haft någon påvisbar påverkan på skelettet (Nielsen & Spooner 2007). Det går enbart att spekulera i hur studierna som ej angivit fodrets näringsvärden har fått felaktiga resultat.

Vad gäller tidsomfattningen på studierna bör det funderas på om studiernas tidsomfattning är tillräcklig för att ge en rättvis bild av resultatet. Dels tar det mycket längre tid att få skelettet att anpassas till träningen och påfrestandet som blir, likväl som hästarnas ålder har en stor betydelse. I och med åldern och skelettets utvecklingsstadium skulle resultatet av träningen kunna visas snabbare än om hästarna var äldre. Samtidigt är de unga hästarna, innan studiernas början, inte lika påverkade av yttre faktorer som träning där ökat näringsupptag krävs exempelvis. I och med detta kan resultaten bli tydligare och mer rättvisa till undersökningen. (Nielsen et al. 1998a)

Resultatens betydelse, tillämpning och vidare studier

Den unga hästens skelett visar i studierna svara positivt på träning. Däremot finns det faktorer som antyder att skelettet inte mår bra av för mycket träning. Exempelvis är den unga hästens skelett i en utvecklingsfas och skulle därmed kunna ta skada av för mycket träning. Sammanfattningsvis bör hästarna hållas i rörelse för skelettets uppbyggnad och stärkande, men hänsyn bör tas till skelettet så att påfrestandet inte blir för stort. (Price et al. 1999)

Studierna visar även mineralämnenas betydelse, och att de har betydelse för hästens uppbyggnad av skelettet. Därav har utfodringen en betydelse för hur metabolismen i skelettet sker och vad resultatet av den blir. En ökad koncentration av mineralämnen kan alltså vara av betydelse för att hästens skelett ska ha tillgång till den mängd som det kräver vid metabolismen och uppbyggnaden av skelettet. En balanserad foderstat som möter behovet är givetvis det bästa, men kan vara svårt att uppnå. (Nielsen et al. 1998a)

För vidare studier är hållbarheten av intresse att nämna. Har de hästar som tränats i studierna, alternativt fått en bra foderstat, bättre förutsättningar för hållbarheten än de som agerat kontrollgrupp? Detta är en viktig infallsvinkel att ta del av och ett viktigt forskningsområde att undersöka, dels för människans vetenskap, men också för hästens välmående.

Vidare skulle resultaten som redovisats kunna grunda början på ett nytt sätt, eller utveckla redan befintliga, utformningar på träningsupplägg och utfodringsrekommendationer för unga hästar i träning. Detta för att minska risken för skador på skelettet, som i sin tur kan säkra djurskyddsaspekten.

Slutsats

Slutsatsen är att den tvååriga hästens skelettet och mineralbehov påverkas av träning. Intaget av mineraler är en viktig del av skelettmetabolismen och krävs för att kunna ge hästen ett skelett som har hög densitet. Skelettet blir starkare av träning och en foderstat med ökad mineralmängd (Ca och P) kan ha betydelse för skelettets utveckling, om hästen utsätts för träning likt studiernas upplägg.

REFERENSLISTA

Litteratur

Attrell, B., Björnhag, G., Dalin, G., Furugren, B., Philipsson, J., Planck, C. och Rundgren, M. (1999). *Hästens biologi utfodring och avel*. 2 uppl. Falköping Natur och kultur/LTs förlag och författarna Elanders och Gummessons.

Firth, E.C., Delahunty, J., Wichtel, J.W., Birch, H.L. and Goodship, A.E. (1999). Galloping exercise induces regional changes in bone density within the third and radial carpal bones of Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, vol.31 (2) ss. 111-115.

Frost, H.M. (1987). Bone "mass" and the "mechanostat": A proposal. *The Anatomical Record*, vol. 219 (1) ss.1-9.

Frape, D. (1986). *Equine Nutrition & feeding*. 3. uppl. Ames: Iowa Blackwell Publishing.

Holmes, J.M., Mirams, M., Mackie, E.J. and Whitton, R.C. (2014). Thoroughbred horses in race training have lower levels of subchondral bone remodelling in highly loaded regions of the distal metacarpus compared to horses resting from training. *The Veterinary Journal*, vol. 202 (3) ss.443-447.

Jeffcott, L.B., Rosedale, P.D., Freestone, J., Frank, C.J. and Towers-Clark, P.F. (1982). An assessment of wastage in Thoroughbred racing from conception to 4 years of age. *Equine Veterinary Journal*, vol.14 (3) ss.185-198.

National Research Council (U.S). Subcommittee on Horse Nutrition. (1989) *Nutrient requirements of horses*. 5 uppl. Washington, D.C. National Academy Press.

Nielsen, B.D. and Spooner H.S. (2007). Small changes in exercise, not nutrition, often result in measurable changes in bone. *Comparative Exercise Physiology*, vol. 5 (1) ss.15-20.

Nielsen, B.D., Potter, G.D., Greene, L.W., Morris, E.L., Murray-Gerzik, M., Smith, W.B. and Martin, M.T. (1998a). Characterization of changes related to mineral balance and bone metabolism in the young racing Quarter Horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 18 (3) ss. 190-200.

Nielsen, B.D., Potter, G.D., Greene, L.W., Morris, E.L., Murray-Gerzik, M., Smith, W.B. and Martin, M.T. (1998b). Response of young horses in training to varying concentrations of dietary calcium and phosphorus. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 18 (6) ss. 397-404.

Price, J.S., Jackson, B., Eastell, R., Wilson, A.M., Russell, R.G.G., Lanyon, L.E. and Goodship, A.E. (1999). The response of the skeleton to physical training: a biochemical study in horses. *Bone*, vol.17 (3) ss. 221-227.

Reilly, G.C., Currey, J.D. and Goodship, A.E. (1997). Exercise of young thoroughbred horses increases impact strength of the third metacarpal bone. *Journal of orthopaedic research*, vol. 15 (6) ss. 862-868.