

---

# Sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration hos springheste

Af Charlotte Jespersen  
Dyrlæge, Højelse Hesteklinik

Fagdyrlægeuddannelsen vedr. sygdomme hos heste  
Hovedopgave 2010

---

## Sammendrag

Formålet med dette studie har været at undersøge sammenhængen mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration hos springheste. Hypoteserne var, at der er sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration hos springheste, og at sammenhængen afhænger af køn og alder. Studiet omfattede 21 varmblodsheste i alderen 4 – 12 år, fordelt på 8 hopper, 8 vallakker og 5 hingste, som indgik i et 18 ugers træningsforsøg. Forsøget indbefattede tre forskellige standardiserede arbejdstests (galoptest, á tempotest og springtest) i starten, midt i forløbet og ved afslutning af forsøget. Mellem disse standardiserede arbejdstests var hestene inddelt i tre grupper, som hver trænede tre forskellige intervaltræningsmetoder (galop, sprint og á tempo). Ved de standardiserede arbejdstests bar hestene hjertefrekvensmåler, og der blev løbende udtaget blodprøver til måling af laktatkoncentration. I studiet blev de højeste hjertefrekvenser og deres sammenhørende laktatkoncentration brugt i analysefasen. Resultaterne var, at der er en statistisk sikker ( $p < 0,0001$ ) sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration med en rå korrelation ( $r^2$ ) = 0,38. Gennemsnitlig hjertefrekvens og laktatkoncentration var henholdsvis 189 +/- 18,18 slag/min. og 3,9 +/- 1,78 mmol/L. Der er varierende sammenhænge for parametrene afhængig af, hvilken standardiseret arbejdstest hesten udførte samt, hvornår i forsøget testen lå. Det betyder, at der kunne ses ændringer af de sammenhørende værdier for hjertefrekvens og laktatkoncentration over tid, hvilket formentlig skyldes, at hestene havde effekt af intervaltræningen. Endvidere fandtes der signifikante forskelle for hjertefrekvens og laktatkoncentration for hestenes køn ( $p = 0,01$ ). Hingste havde signifikant lavere ( $p < 0,001$ ) sammenhørende værdier af de målte parametre i forhold til hopper og vallakker, som i fællesskab ikke udviste særlige forskelle ( $p = 0,99$ ). Der kunne ikke måles nogen signifikant forskel på alder ( $p < 0,33$ ). Resultaterne af dette studie indikerer, at fysiologiske responser er forskellige, når de testes ved henholdsvis galoptest, á tempotest og springtest samt, at galoptestens resultater eventuelt kan ses som svarende til det arbejde en højtydende springhest skal udføre. Hjertefrekvensen hos springheste menes at kunne bruges som et hjælpemiddel i træningen, idet hjertefrekvens og laktatkoncentration har en sammenhæng. Endelig viser studiet, at værdierne ikke bør sammenlignes med middelværdier, men i stedet bør sammenlignes med observationer fra samme hest, som udfører det samme arbejde.

## Summary

The purpose of this study was to investigate the correlation between heart rate and lactate concentration in show jumpers. The hypotheses were that a close connection between heart rate and lactate concentration exist in jumpers, and that the nature of this connection depends on sex and age. The study included 21 warm blood horses - aged 4 to 12 years – consisting of 8 mares, 8 geldings and 5 stallions, all of which enrolled in an 18-week field study. The field study included three different standardized exercise tests (gallop, á tempo and jumping) used in three stages – the beginning, the middle and the end of the field study. Between the standardized exercise tests, the horses were divided into three groups, each of which used

three different interval training methods (gallop, sprint and á tempo). During the standardized exercise tests, the horses wore a heart rate monitor and blood samples were extracted regularly to measure lactate concentration. In the study only the highest heart rates and their corresponding lactate concentration were used in the calculations. The results were that there is a statistically significant ( $p < 0.0001$ ) correlation between heart rate and lactate concentration with a raw correlation ( $r^2$ ) = 0.38. Average heart rate and lactate concentration were respectively  $189 \pm 18.18$  bpm. and  $3.9 \pm 1.78$  mmol / L. The parameters vary depending on which standardized exercise test, the horse performed and when in the field study the test was performed. This lead to the observation that changes in the connecting heart rate values and lactate concentration could be found over time, presumably due to the effect of the interval training. Furthermore, there were significant differences in heart rate and lactate concentration depending on the sex of the horse ( $p < 0.01$ ). Stallions had significantly lower values ( $p < 0.001$ ) of the measured parameters compared to mares and gelding, which in combination did not show any differences ( $p = 0.99$ ). No significant differences ( $p < 0.33$ ) in the age groups could be measured. The results of this study indicate that physiological responses differ, when tested on gallop, á tempo and jumping, and that the results from the gallop test may be seen as equivalent to the work of a high performance show jumper. The heart rate of show jumpers could serve as a valuable aid in training design as heart rate and lactate concentration correlates. Finally, the study shows that the specific values should not be compared with median values, but should instead be compared with observations from the same horse performing the same work.

---

## Indledning

**F**ormålet med dette studie var at undersøge sammenhængen mellem hjertefrekvens og laktatkonzentration hos springheste.

De faktorer som bestemmer præstationsevne hos springheste er ikke kun genetiske idet talent, konformation og psykologisk motivation samt kondition, hastighed og styrke er afgørende for hestens kapacitet<sup>1</sup>. Henholdsvis kondition, styrke og hastighed kan desuden forbedres væsentligt ved målrettet konditionering og træning, hvor to vigtige elementer i passende træning er dels viden om fysiologien i den pågældende øvelse og dels måling af den regulære præstation, for at kunne bedømme hestens respons til træning<sup>2</sup>.

I forbindelse med måling af præstation opnås de bedste resultater ved standardiserede arbejdstests (SET) på løbebånd, hvor der blandt andet måles

oxygenforbrug, hastighed og kardiovaskulære parametre som hjertefrekvens (HF) og laktatkonzentration (La) m.v. Disse tests nødvendiggør dog brugen af kostbart udstyr og målinger i specialiserede laboratorier<sup>3</sup>, mens bestemmelse af blodlaktat efter standardiseret arbejde har vist sig at være brugbar i evaluering af hestens kondition<sup>4,5</sup>.

Analyse af plasmabiomekanik og enzymaktivitet har mere begrænset brugbarhed i vurdering af træningsstadier<sup>6,7</sup>, men kan hjælpe med at diagnosticere subkliniske abnormiteter<sup>8</sup>. Derfor kan måling af hjertefrekvens og laktatkonzentration bruges i undersøgelse af springhestes træningstilstand samt for vurdering af indsatser for øgning af hestens præstationsevne.

Springning er en af de store grene indenfor ridesporten, og populariteten har medført stort fokus på genetisk forbedring af springevner indenfor

heste<sup>9</sup>, men overraskende nok er der ikke sket samme udvikling i træningsregimer. Et konventionelt træningsprogram inkluderer skoling, koordination og styrketræning mens forbedring af aerob og anaerob kapacitet ofte ikke medtages.

Der findes kun en mindre mængde videnskabelige undersøgelser om træningsfysiologi af springheste<sup>10</sup>, hvorfor aerob og anaerob behov under springkonkurrencer ofte estimeres ved at bruge fysiologiske modeller<sup>11</sup>. Mere eksperimentelt data behøves for at kunne forbedre træningsregimer på et videnskabeligt niveau.

Springning kræver intensiv muskulær anstrengelse, mens kondition hos hesten ikke nødvendigvis er en primær faktor for succes i springningen – men dog kan træningsformen hos højtpræsterende heste ikke ignoreres<sup>12</sup>. Selvom hastighed og varighed af springkonkurrencer er forholdsvis lave, så repræsenterer ridebanespringning en alvorlig anstrengelse, som kræver brug af anaerob metabolisme. Studier viser, at træningsregimer for springheste bør inkludere styrketræning for at forbedre den anaerobe kapacitet<sup>13</sup>. Springning over relativt lave forhindringer kræver større arbejdsintensitet sammenlignet med samme bane uden spring, idet både hjertefrekvens og laktatkoncentration er højere efter springning<sup>14</sup>. En række studier på springheste har dog påvist, at laktatkoncentrationer i springklasser på middelniveau ligger omkring den anaerobe grænseværdi på 4 mmol/l - eller endnu højere<sup>2,12,13,15</sup>. Højden på springene har desuden betydning for hestens laktatkoncentration<sup>16</sup>.

Hurtig tilpasning ved stigning i den anaerobe metabolisme er nødvendig i overgangen fra hvile til arbejde, samt i overgangen fra arbejde ved lavere

intensitet til højintensitet - som for eksempel ved springning.

Hjertefrekvensen udtrykker, hvor mange gange hjertet trækker sig sammen per minut, og benævnes ofte pulsfrekvens eller blot puls. Når arbejde påbegyndes stiger hjertefrekvensen relativt hurtigt - fra cirka 30 slag/min i hviletilstand til omkring 110 slag/minut, når det parasympatiske nervesystem trækker sig tilbage. Konsekvensen herpå kan ved lav hastighed være et tidligt "overshoot"<sup>17,18</sup> hvor hesten ved højere hastigheder opnår højere hjertefrekvens langsommere, og drives af det sympatiske nervesystem samt cirkulerende katekolaminer. Maksimum hjertefrekvens varierer mellem 204 og 241 slag/minut, og reduceres hos heste med alderen<sup>19</sup>. Maksimum hjertefrekvens antages desuden ikke at være et vigtigt mål for hestens kondition, og ændrer sig ikke ved træning<sup>20</sup>.

De fleste tests som bruges til at estimere kondition og træning hos heste, er baseret på relationer mellem hjertefrekvens, hastighed og laktatproduktion<sup>5,21</sup>. Relationen mellem hjertefrekvens og laktatkoncentrationen kan bruges til at bestemme en optimal intensitet af træningsindsats samt til at forbedre den aerobe og anaerobe metabolisme<sup>22</sup>.

Den bedste indikator for tilpasning af energimetabolismen er blodlaktatkoncentrationen. Dette skyldes ikke kun, at den aerobe og den anaerobe laktatforbrænding tilpasses ved arbejde, men at blodlaktatkoncentrationen også reflekterer den muskeltilpasning, der sker til arbejdet<sup>23,24</sup>. Laktatkoncentrationen bruges dog - som oftest - ikke alene som indikator for træningseffekt idet der er en lav reproducerbarhed ved en enkelt laktatmåling grundet værdiens dynamik over tid. For at forebygge usikkerhed

heri bruges derfor laktatmålinger både over tid og hastighed<sup>25</sup>.

Blodlaktatkoncentrationer på 4 mmol/l refereres ofte som laktattærskelværdien ( $La_4$ ), og afspejler overgangen fra aerob til anaerob arbejde, hvor laktatkoncentrationen efterfølgende stiger kraftigt<sup>3,24</sup>.

Sammenhæng mellem hjertefrekvens og hastighed er vist, og denne værdi kan bruges som et index for hestens fysiske form og præstationsevne. En hjertefrekvens på 200 slag/min bruges som referenceværdi for, hvornår plasmalaktatkoncentration er stærkt stigende, og det kan antages, at dette arbejdsniveau er ensbetydende med den anaerobe tærskelværdi<sup>3</sup>.

I hvile er hestens hjertefrekvens mellem 28 – 40 slag/min.<sup>26</sup>. Både i laboratoriestudier og i feltstudier er det vist, at hjertefrekvens sammen med laktatkoncentration og hastighed er en pålidelig variabel til evaluering af hestens fysiske form<sup>26</sup>, ligesom betydning af hjertefrekvens til evaluering af fysisk form er blevet påvist hos heste<sup>27</sup>.

En hjertefrekvens på 150 slag/min er den tærskelværdi, hvor laktatkoncentrationen begynder at stige over hvilekoncentration, og kan derfor benyttes som et udtryk for hestens aerobe kapacitet.

Der er flere studier, som har brugt standardiserede arbejdstests (SET) på løbebånd - med og uden hældning - til at evaluere træningseffekt på varmblodsheste<sup>28,29,30,31</sup>, men der er ikke evalueret en specifik SET for springheste.

Der findes ikke mange studier af træningsfysiologi hos springheste og kun enkelte studier, hvor træningseffekt undersøges under springkonkurrencer<sup>2,13</sup>. Sådanne studier vurderes

dog her vigtige for at kunne forstå de metaboliske behov ved springning – bl.a. som bidrag til forbedret træning af springheste til springkonkurrencer – fra distrikts til olympisk niveau.

Dette studie formåede at øge viden om træningsfysiologien hos springheste ved at studere ændringer i testresultaterne induceret af intervaltræning for hjertefrekvens og laktatkoncentration.

#### *Hypoteser*

1. Der er sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration hos springheste.
2. Sammenhængen mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration afhænger af køn og alder hos springheste.

#### **Metoder og materialer**

Figur 1 viser studiets design.

#### *Heste*

Studiet omfattede 21 varmblodsheste fra en professionel springstald i Danmark. Blodprøver blev udtaget til laktatkoncentrationsmåling som en del af en sundhedskontrol i besætningen. Hestene var i alderen 4 til 12 år, fordelt på 8 hopper, 8 vallakker og 5 hingste.

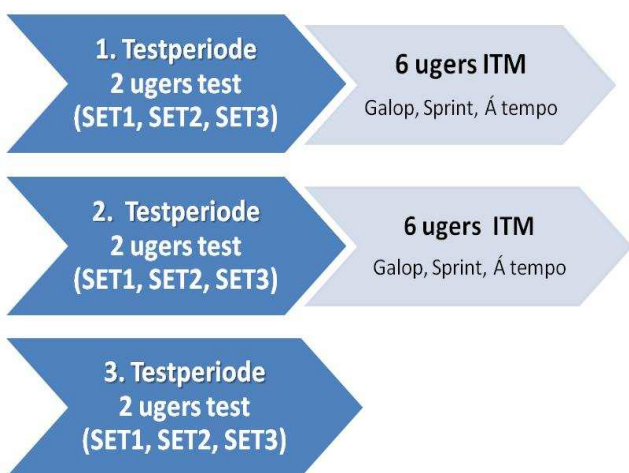
#### *Arbejde og motion*

Før studiets start blev hestene konventionelt trænet og motioneret, det vil sige at alle hestene dagligt gik en time på fold, motioneredes 50 minutter i skridtmaskine 5 gange om ugen, og blev redet 5 gange om ugen. Ridningen bestod af 3 gange skoling i 45 minutter og to gange springning i 30 til 40 minutter. På nær to heste, der tidligere havde intervaltrænet, havde ingen heste tidligere været udsat for træning over hjertefrekvens 150 slag/min. – med undtagelse af springlektioner samt ved ridestævner.

Hestene indgik derefter i et 18 ugers træningsforsøg, hvor der blev indlagt

standardiserede arbejdstests (SET) og intervaltræning i træningsprogrammet – se figur 1.

Imellem træningsdage med SET og intervaltræning udførte hestene dagligt 30 minutters submaksimalt arbejde ved en hjertefrekvens under 150. De gik dagligt 45 minutter i skridtmaskine samt en time på fold. Hestene blev grupperet i tre forskellige grupper ved aldersopdelt lodtrækning. Der blev udført tre forskellige SET, hvor SET1 var galoptest, SET2 var á tempotest og SET3 var springbanetest.



**Figur 1.** Studiedesign. Oversigt over testperioder (3 stk.) og intervaltræningsperioder (2 stk.).

Intervaltræningen bestod af tre forskellige intervaltræningsmetoder (ITM) - galoptræning, sprinttræning og á tempo springtræning.

De første to uger udførte alle hestene SET1-3 hver 4. dag. Herefter udførte grupperne en specifik ITM i 6 uger hver 5. dag. Efter 6 ugers træning med ITM blev SET1-3 igen udført på alle hestene – igen hver 4. dag i løbet af en periode på to uger. (Se figur 1.)

Grupperne byttede så til en anden specifik ITM hver 5. dag i de efterfølgende 6 uger. De sidste to uger af forsøget blev alle hestene retestet med SET1-3 hver 4. dag.

### Standardiseret arbejdstest

Opvarmning før SET1-3 var 10 minutters skridt efterfulgt af 10 minutters trav og galop. I SET2 og SET3 varmede hestene op over seks mindre spring. Ved alle SET blev hestenes hjertefrekvens og hastighed monitoreret med Polar 8000, der blev påsat hver hest i stalden under opsadling, som blev taget af igen 15 minutter efter testens afslutning. Imellem blodprøveudtagning til laktatmåling umiddelbart efter arbejdets ophør og til blodprøveudtagning til laktatmåling to minutter efter arbejdets ophør, blev hestene skridtet under rytter.

SET1 - GALOPTEST blev udført på en udendørs 850 meter oval sandbane. Der blev redet 5 runder.

1. runde blev redet med 240 m/min, hvilket giver en omgangstid på 3 min. og 32 sek. 2. runde blev redet med 320 m/min, hvilket giver en omgangstid på 2 min. og 39 sek. 3. runde blev redet med 400 m/min, hvilket giver en omgangstid på 2 min. og 08 sek. 4. runde blev redet med 480 m/min, hvilket giver en omgangstid på 1 min. og 46 sek. 5. runde blev redet med 560 m/min, hvilket giver en omgangstid på 1 min. og 31 sek.

I alt blev der redet 11 min og 36 sekunder.

Laktatkoncentrationsmåling blev foretaget efter hver runde samt 2 minutter efter afslutning af testen. Hastigheden blev kontrolleret med GPS (Leuleu & Cotel 2004), og samtidig blev hver runde timet med stopur, således at hestens hastighed kunne kontrolleres.

SET2 - Á TEMPOTEST blev udført på en oval 20 x 60 meter bane med 16 spring med en afstand på tre meter imellem. På langsiderne stod der fem spring, som blev hævet efter hvert interval. Springene på kortsiderne blev ikke hævet. Højden af springene blev tilpasset hestens alder, hvor ungheste

sprang henholdsvis i første runde 40 cm, i anden runde 65 cm og i tredje runde 65 cm, og hvor de erfarne heste sprang henholdsvis i første runde 40 cm, i anden runde 65 cm og i tredje runde 85 cm. Ridetiden var tre gange 90 sekunder med udtagning af blodprøve til laktatkoncentrationsmåling efter hvert interval. Endvidere blev der udtaget blodprøve til laktatmåling to minutter efter afslutning af testen. Den totale banelængde var 1008 meter, og der blev redet med 225 m/min.

I alt blev der redet 4 min og 30 sekunder.

SET3 - SPRINGBANETEST blev udført på en 20 x 60 meter bane med fast fiberbund, hvor der blev opstillet en springbane med 11 forhindringer. På springbanen var der to dobbeltspring, hvor sværhedsgraden svarede til hver enkelt hests maksimale sværhedsgrad. Der blev udtaget blodprøve til laktatmåling umiddelbart efter mål og to minutter efter testens afslutning. Den totale banelængde var 380 m meter, og der blev redet med 325 m/min.

I alt blev der redet mellem 64 – 74 sekunder.

#### *Intervaltræningsmetoder*

Opvarmning før intervaltræning bestod af 10 minutters skridt og 10 minutters trav og galop. Hestene som gik á tempo springtræning sprang forinden 8 opvarmningsspring.

Galoptræning foregik på en udendørs 850 meter oval sandbane. Galoptræning blev udført i fire intervaller med 90 sekunders galop ved hastighed svarende til laktatkoncentration til 4 mmol/L, og med 90 sekunders skridt imellem. Gennemsnitshastigheden var 490 m/min. og banelængden var 3200 m.

Sprinttræning blev udført på en 20 x 60 meter bane med fast fiberbund. Der

blev redet sprint på langsiderne, og rolig galop på kortsiderne. Der blev udført fire intervaller af 90 sekunders varighed med 90 sekunders skridt indimellem. Gennemsnitshastigheden var 425 m/min og banelængden var 2560 m.

Á tempo springtræning blev udført på en 20 x 60 meter bane med fast fiberbund, og foregik med seks spring på hver langside og ingen spring på kortsiden. Der blev redet fire intervaller af 90 sekunders varighed, og med 90 sekunders skridt indimellem. Forhindringernes højde blev tilpasset efter hestenes alder. Heste på 4 år sprang første interval med 50 cm forhindring og 2. til 4. interval med 70 cm forhindringer. Heste på 5 år sprang første interval med 70 cm forhindringer, og 2. til 4. interval med 90 cm forhindringer. Heste på 6 år og ældre sprang første interval med 70 cm forhindringer, og 2. til 4. interval med 105 cm forhindringer. Gennemsnitshastigheden var 325 m/min og banelængden var 2230 m.

#### *Dataindsamling*

Ved alle SET bar hver hest og rytter Polar 8000 til monitorering af hjertefrekvens og tempo. Blodprøver til bestemmelse af laktatkoncentrationen blev udtaget fra *vena jugularis* med en 23 G kanyle. Blodprøver blev udtaget i heparin coated 1 ml. sprøjter og testet umiddelbart efter udtagelse på en håndholdt laktatmåler (Cobas - Roche Diagnostics, Accutrend Lactate Plus GCTL meter.)

Der blev indsamlet værdier fra alle heste, hvor sammenhørende værdier mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration er blevet brugt i beregningerne. Værdierne mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration blev udvalgt efter den maksimale hjertefrekvens, og den sammenhørende laktatværdi blev brugt i de efterfølgende beregninger (tabel 1). Der er

således kun én observation per hest per SET.

### Statistisk metode

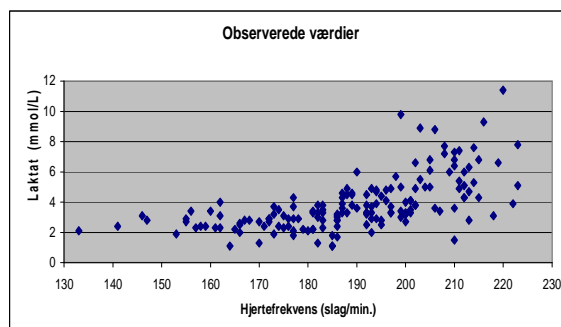
Sammenhængen mellem laktatkoncentration og hjertefrekvens er undersøgt ved en lineær, mixed model (*proc. mixed, SAS Institute*), hvor hjertefrekvens, SET (galop, á tempo, spring), ITM (galop, sprint, á tempo spring), alder, periode og køn er fixed effekt og hvor hesten er tilfældig variabel. Residualplots er udført for at undersøge, om antagelser om normalfordelte residualer, varians-homogenitet etc. er opfyldt. P- værdi  $\leq 0,05$  blev anvendt som signifikansgrænse.

**Tabel 1.** Oversigt over antal af heste, antal af observationer samt køn (HOppe, HIngst, VALak) og alder.

Hest nr.	Á tempo	Galop	Spring	Total	Køn	Alder
1	3	2	3	8	HO	5
2	3	2	3	8	HI	12
3	3	2	3	8	VAL	4
4	3	2	3	8	HO	6
5	3	2	3	8	HI	4
6	1	1	0	2	HO	5
7	3	3	3	8	HO	9
8	3	2	3	8	HI	6
9	3	2	3	8	VAL	8
10	3	2	3	8	HO	5
11	3	3	3	8	VAL	4
12	3	3	3	8	HI	4
13	3	2	3	8	VAL	4
14	3	3	3	8	VAL	5
15	3	2	3	8	HO	5
16	3	2	3	8	VAL	5
17	3	2	3	8	HO	6
18	3	2	3	8	VAL	6
19	3	2	3	8	HO	6
20	3	2	3	8	VAL	6
21	3	2	3	8	HI	4
21	61	61	60	162		

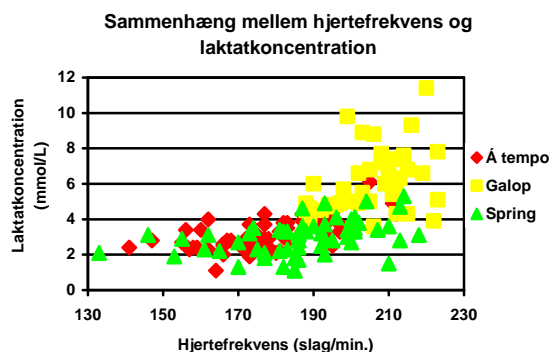
### Resultater

Figur 2 viser de sammenhørende værdier af den højeste hjertefrekvens og den tilhørende laktatkoncentration for alle heste i alle tests.



**Figur 2.** Sammenhørende værdier for hjertefrekvens og laktatkoncentration for alle heste i alle tests. 162 punkter.

Figur 3 viser sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration, hvor punkterne for hver test (galop, á tempo, spring) er afbilledet med egen farve.



**Figur 3.** Sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration for alle heste i alle test (galop, á tempo, spring), hvor hver test har egen farve.

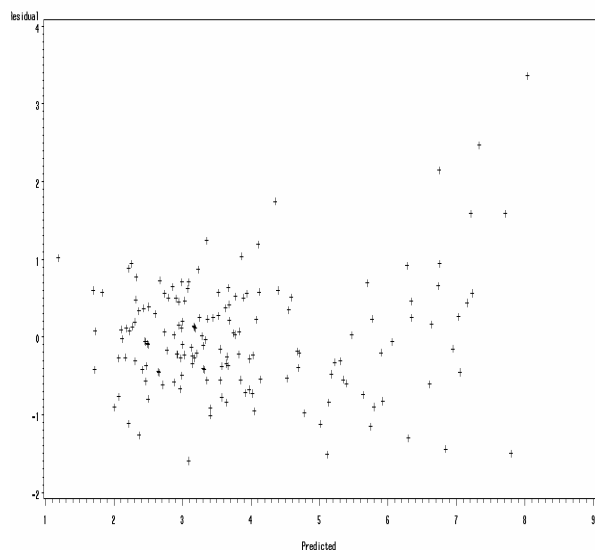
Overordnet er der en korrelation ( $r^2$ )= 0,38. For á tempo 0,36, for galop 0,15 og for spring 0,19. For galop gælder det, at der er få observationer, hvilket giver en svagere korrelation.

Tabel 2 viser en oversigt over gennemsnitsværdier, standardafvigelse samt minimum- og maksimumværdier for hjertefrekvens og laktatkoncentrationen. Først for alle observationer, dernæst for galop, á tempo og spring.

**Tabel 2.** Oversigt over gennemsnitsværdier, standardafvigelse, minimum og maksimum værdier for hjertefrekvens og laktatkonzentration. Total, galoptest, á tempotest og springtest.

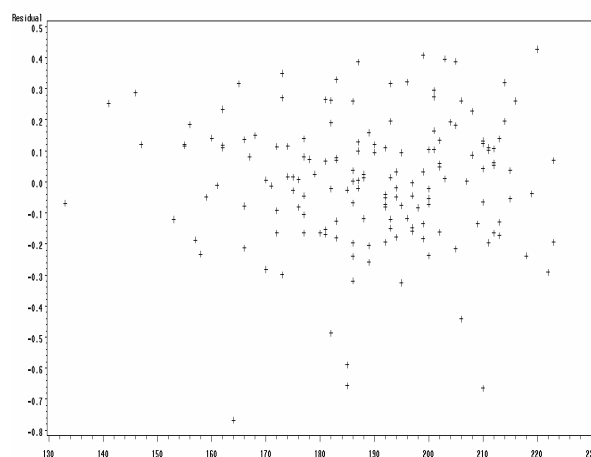
	Gns.	SD	Min.	Maks.
HF total	189	18,18	133	223
La total	3,9	1,78	1,1	11,4
HF galop	205,5	10,14	188	223
La galop	6,1	1,77	3,6	11,4
HF á tempo	179,4	15,81	141	2,2
La á tempo	3,2	0,86	1,1	6,1
HF spring	187,5	17,06	133	218
La spring	3,0	0,96	1,1	5,3

Figur 4 viser residualer for laktatkonzentrationsmålingerne. Som det ses af figuren er punkterne trompetformede, og derfor blev der efterfølgende udført en logaritme-transformering (figur 5).



**Figur 4.** Residual og prædikeret værdi af modelresultat uden logaritmetransformering.

Laktatkonzentrationen er transformeret ved at tage logaritmen til laktatmålingen, da det viste sig, at der ikke var varianshomogenitet, fordi der var en større spredning af residualer for høje målinger af laktatkonzentrationen. Dette er vist herunder efter den logaritmiske transformation (figur 5). Parameterestimer og p-værdier fra modellen er vist i bilag 1.



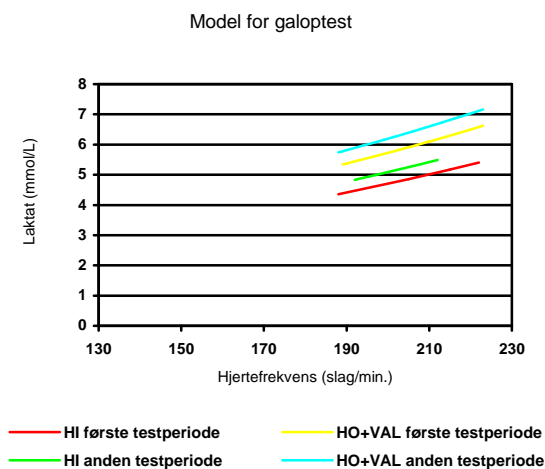
**Figur 5.** Residualerne på hjertefrekvens og logaritmen til laktatkonzentration.

På figur 5 ses det, at residualer på hjertefrekvens og logaritme til laktatkonzentration ikke har nogen alvorlige afvigelser. Der er 4-5 afvigere (outliere) med forholdsvis store residualer.

Der er statistisk sikker sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkonzentration hos springheste ( $p < 0,0001$ ). Alderseffekten var ikke signifikant ( $p < 0,33$ ), hvorfor den blev fjernet fra det videre statistiske arbejde. Der var forskelle mellem køn ( $p < 0,01$ ). Forskellen mellem hopper og vallakker var ikke signifikant ( $p = 0,99$ ), så derfor samledes hopper og vallakker i én gruppe. Hingste havde en signifikant lavere sammenhørende værdier, sammenholdt med hopper og vallakker. ( $p < 0,001$ ). Der var et signifikant ( $p < 0,0001$ ) fald i de sammenhørende værdier i testperioderne fra henholdsvis første testperiode til tredje testperiode samt fra anden testperiode til tredje testperiode. Desuden sås næsten et signifikant ( $p < 0,07$ ) fald fra første testperiode til anden testperiode. Derimod er der ingen signifikant forskel på intervaltræningsmetoderne ( $p = 0,29$ ). Intervaltræningsmetode fjernes derfor fra modellen. Parameterestimer og p-værdier fra den reducerede model er vist i bilag 2.

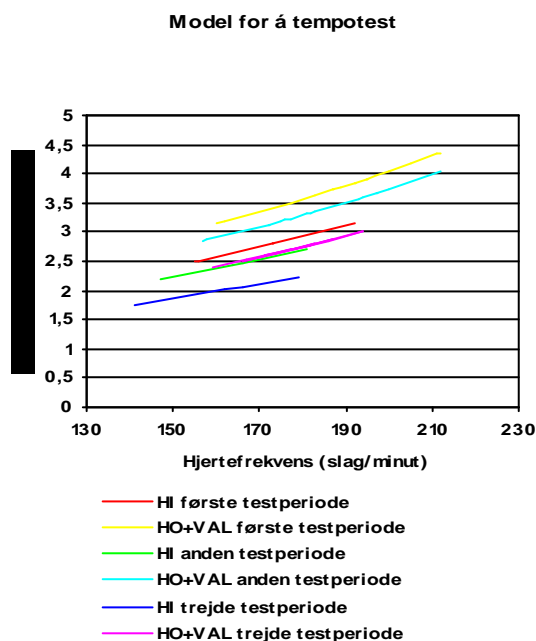


Sammenhængen mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration fra modellen for de tre forskellige tests vises i figur 6-8.

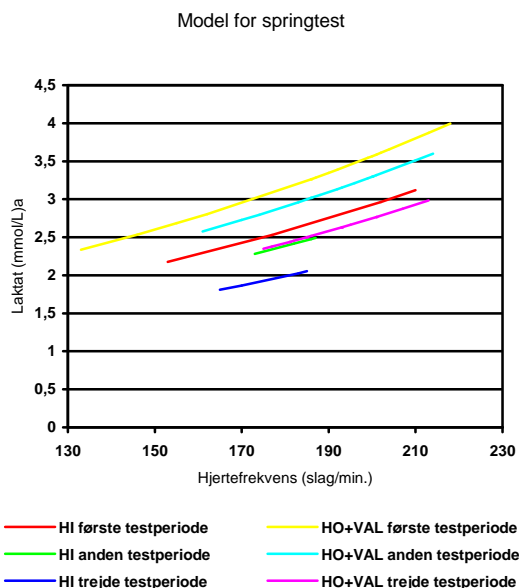


**Figur 6.** Sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration for galoptest. Hlngst, HOPpe og VALLak. Bemærk her er ingen tredje testperiode.

Galoptesten kunne på grund af vejrliget kun udføres i de første to testperioder. Dette medførte færre observationer fra galoptesten.



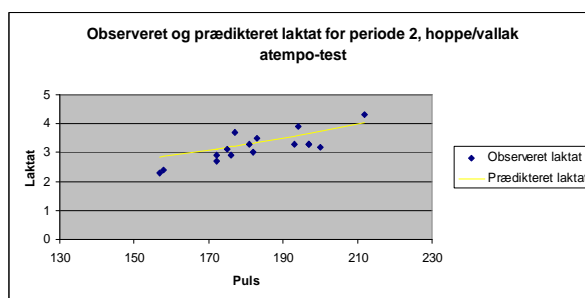
**Figur 7.** Sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration for á tempotest. Hlngst, HOPpe og VALLak.



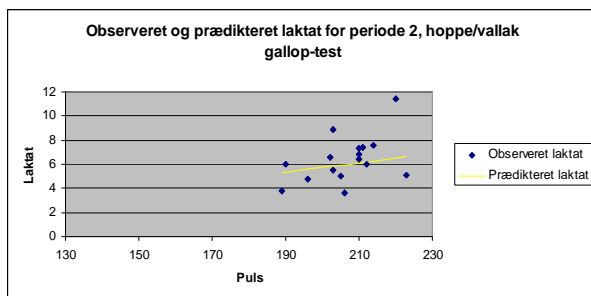
**Figur 8.** Sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration for springtest. Hlngst, HOPpe og VALLak.

De efterfølgende figurer (figur 9 og 10) viser prædikerede og observerede værdier i samme figur for to udvalgte grupper af observationer.

Figur 9 viser á tempotest, hvor observerede værdier overvejende passer med prædikerede værdier. Herunder er den samme for galoptest (figur 10). Det ses, at der er en langt større spredning om linjen for galoptest, så forudsigelsen er mindre præcis end for á tempotesten. Det er også det forhold, der gør, at en logaritme-transformation af laktatkoncentrationen giver en model, der bedre opfylder modelantagelserne, da spredningen bliver mindre for høje værdier i en logaritmetransformeret model.



**Figur 9.** Observerede værdier for laktatkoncentration (mmol/L) og hjertefrekvens (puls slag/min.) samt prædikeret linje for á tempotest i anden testperiode for hoppe+vallak gruppen.

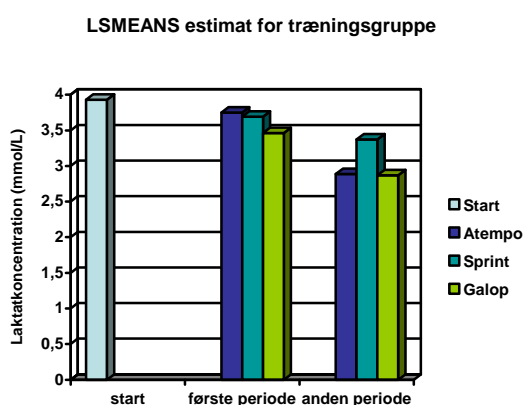


**Figur 10.** Observerede værdier for laktatkonzentration (mmol/L) og hjertefrekvens (puls slag/min.) samt prædikeret linie for galoptest i anden testperiode for hoppe+vallak gruppen.

Idet hestene havde gennemgået et 18 ugers træningsforløb ønskedes det at undersøge om der var en ændring af de sammenhørende værdier for hjertefrekvens og laktatkonzentration over tid.

Det blev undersøgt med et LSMEANS-estimat, som kan teste om observationerne ændrer sig over tid målt på "gennemsnithestens" resultat på tværs af køn, hjertefrekvens og SET (galop, á tempo og spring).

Figur 11 viser effekten af intervaltræningsperiode og intervaltræningsmetode (galop, sprint og á tempo).



**Figur 11:** LSMEANS estimat for træningsgrupper. Perioder er intervaltræningsperioder og á tempo, sprint og galop er intervaltræningsmetoder.

Der er overordnet en signifikant forskel på de syv søjler ( $p < 0.0001$ ), og en nærmere undersøgelse af forskellene viser, at der fra første testperiode til anden testperiode er et næsten signifikant fald ( $p = 0,07$ ) i laktat-

konzentrationen. Fra første testperiode til tredje testperiode er faldet højsignifikant ( $p < 0.0001$ ). Derimod er der ingen signifikant forskel på intervaltræningsmetoderne ( $p = 0.29$ ). Det er således ikke muligt på denne baggrund at afgøre, hvilken intervaltræningsmetode, der er bedst, men der er en generel forbedring af laktatkonzentrationen over tid.

## Diskussion

Et konventionelt træningsprogram for springheste inkluderer skoling, koordination og styrketræning, hvor forbedring af aerob og anaerob kapacitet typisk ikke er medtaget<sup>32,33</sup>. De aerobe og anaerobe behov i springkonkurrencer kan estimeres ved fysiologiske modeller, men mere eksperimentelt data behøves for at forbedre træningsprogrammer videnskabeligt<sup>11</sup>.

Dette studie omhandler sammenhænge mellem hjertefrekvens og laktatkonzentration for springheste som intervaltrænes, og som udfører standardiserede arbejdstests. Gennem mange år er hjertefrekvens, laktatkonzentration og blodets biokemi blevet undersøgt hos fuldblodsheste<sup>34</sup>, travere<sup>35</sup>, langdistanceheste<sup>36</sup> og military<sup>37</sup> - men ikke for springheste.

Selvom længde, varighed og hastighed i de tre tests i dette studie - og især ved á tempotest og springtest - var henholdsvis korte (længde og varighed) og lave (hastighed), var der markante ændringer i hjertefrekvens og laktatkonzentrationen (tabel 2). Der var desuden markante ændringer af sammenhængen mellem hjertefrekvens og laktatkonzentration over tid (figur 9: LSMEANS estimat).

Traditionelt er hjertefrekvens og laktatkonzentration blevet undersøgt, rapporteret og korreleret som funktion

af hastigheden<sup>3</sup>. I dette studie er der undersøgt, om der er sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration hos springheste, for at sådanne sammenhænge eventuelt kan anvendes i design af træningsregimer for springheste. Der er statistisk sikker sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration for springheste. Gennemsnittet for hjertefrekvens var 189 +/- 18,18 slag/min og gennemsnittet for den tilhørende laktatværdi var 3,9 +/- 1,78 mmol/min (tabel 2). Den overordnede korrelation er ( $r^2$ )= 0,38. Dette resultat stemmer rimeligt overens med resultater fra andre studier af springheste, hvor der er fundet sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration med en korrelationskoefficient på 0,58<sup>38</sup> og 0,48<sup>39</sup>. Et andet studie har undersøgt hjertefrekvens og laktatkoncentration lige efter ridebanespringning ved springkonkurrence og fundet 191,4 +/- 3,8 slag/min. og 9,04 +/- 0,9 mmol/L<sup>13</sup> for henholdsvis hjertefrekvens og laktatkoncentration.

Starten af blodlaktatakkumulation (OBLA) er blevet defineret som den grænseværdi, der nås, når heste løber 350-400 m/min. Ved denne hastighed forventes hjertefrekvensen og laktatkoncentrationen at stige til over henholdsvis 150 – 160 slag/min og 4 mmol/L<sup>3</sup>. Springhestene i dette studie havde gennemsnitshastigheder på 325 – 560 m/min afhængig af, hvilke tests de udførte. For galoptesten var flere af de sammenhørende værdier for hjertefrekvens og laktatkoncentrationen meget højere end 160 slag/min og 4 mmol/L (figur 6). Hastighederne i galoptesten var højere end de beskrevne 400 m/min, og galoptesten repræsenterer altså meget hårdt arbejde for springheste, hvortil hestene bruger den anaerobe metabolisme. I springtesten og á tempotestens resultater er det blot få observationer for laktatkoncentration, der kommer

over 4 mmol/L, mens hjertefrekvensen for de fleste observationer ligger over 150 – 160 slag/min. Disse tests kan altså gennemføres af springheste ved brug af den aerobe metabolisme. Det er vist, at store forskelle i springpræstationer ved konkurrencer er dårligt korrolleret til variationer i observationer for hjertefrekvens, hæmatologiske og laktatparametre. Resultatet af dette studie indikerer, at fysiologiske responser er forskellige, når de testes ved galoptest, á tempotest og springtest samt at galop eventuelt kan ses som svarende til det arbejde en højtydende springhest skal udføre<sup>13</sup>.

Sammenhængene mellem hjertefrekvens og laktatkoncentration afhænger af, hvilken type test der udføres - og afhænger desuden af hvornår i de 18 ugers forsøgsperiode testen udføres. Der er endvidere forskel på resultat afhængig af hvilket køn hesten har. Der var dog ingen forskel i resultaterne for hopper og vallakker, og derfor blev disse to grupper slået sammen. Der var ingen effekt af alderen.

Der blev udført tre individuelle tests: Galoptest, á tempotest og springtest, og hvor varighed og hastighed for de forskellige test var varierende, og dermed også gav varierende sammenhænge. Årsagen til at galoptesten generelt havde så høje værdier af hjertefrekvens og laktatkoncentration, kan skyldes, at arbejdet er forskelligt fra hvad springheste konventionelt trænes og avles til, men kan også skyldes, at der i den sidste omgang i testen var høj hastighed på 560 m/min. og/eller at varigheden af testen var den længste (11 min og 36 sek.).

LSMEANS-estimatet bekræfter, at der er en forbedring dvs. reduktion af værdierne for laktatkoncentration over tid. Dette kan også ses i figur 6, 7 og 8, hvor kurverne ligger under hinanden i

de to forskellige grupper (hingste og hoppe/vallak) fra første til sidste test. Årsagerne til disse lavere værdier kan ikke endeligt bestemmes, idet der ikke var en kontrolgruppe, som havde udført konventionel træning. Årstiden for de udførte tests kan have en betydning, idet de første test blev udført i august og september, hvor vejret var varmere, og de efterfølgende tests blev udført over vinteren. Studier viser, at temperatur, fugtighed og vindhastighed har betydning for præstation ved anstrengende arbejde<sup>40</sup>. Endvidere kunne det have betydning, at hestene gennemgik de to 6 ugers perioder med intervaltræning. Formodentligt spiller intervaltræningen den største rolle i forbedringerne af de sammenhørende værdier for hjertefrekvens og laktatkonzentration.

Hingste havde lavere niveau i hjertefrekvens og laktatkonzentration i alle tests, og dette ses dermed også i de prædikterede linier (figur 6, 7, 8). Dette resultat stemmer overens med de resultater, der er fundet hos travheste, der udførte submaksimal arbejde på løbebånd, hvor køn hos 4-års og ældre havde signifikant betydning for hjertefrekvens og laktatkonzentration<sup>41</sup>. Der indgik fem hingste i dette studie, tre 4-års, en 6-års og en ældre hest. Det vides ikke, om det er fordi hingste generelt er stærkere individer, eller om det skyldes, at hingste starter med træning allerede fra 2 ½ års alderen. Endelig var højden på forhindringerne forskellige for de forskellige aldersgrupper, hvor de tre 4-års hingste sprang de laveste spring – hvilket kunne give dem årsagen til de lavere værdier af hjertefrekvens og laktatkonzentration. Højden på forhindringer har indflydelse på arbejdsintensiteten, idet en række studier påviser, at laktatkonzentrationer i springklasser på middelniveau ligger omkring den anaerobe grænseværdi på 4 mmol/L – eller endnu højere<sup>2,12,13,15,16</sup>.

Resultaterne opnået i galoptests for hingste, hvor der ikke var nogen forskel på det arbejde som hestene udførte, viser dog, at hingstene har de laveste værdier af hjertefrekvens og laktatkonzentration i det samlede studie. Dette peger på, at det ikke havde nogen væsentlig betydning for resultaterne, at de tre 4-års hingste sprang de laveste spring, men at hingste generelt er stærkere eller mere veltrænede.

Alderen havde ingen signifikant betydning i denne undersøgelse. En undersøgelse har dog vist, at alder har betydning hos travheste. Det viste sig, at 2-års og 3-års travere havde lavere hastigheder ved arbejde med hjertefrekvens på 200 slag/min og laktatkonzentration på 4 mmol/L i forhold til 4-års og ældre heste<sup>41</sup>. Konventionelt trænes springheste ikke, eller meget lidt i denne alder. Den manglende effekt her kan dog skyldes det forholdsvis lave antal heste i undersøgelsen.

I dette studie, hvor to tests ud af tre indebar springning, er højden på springene ikke medtaget som en variabel, hvorfor det ikke vides, om dette har en betydning. Årsagen til at der ikke kan erkendes en aldersforskel kunne være, at de yngste heste sprang de laveste spring i á tempo- og springtestene.

Variabiliteten for de sammenhørende værdier af hjertefrekvens og laktatkonzentration for hvert individ er ikke beregnet i denne undersøgelse. En undersøgelse hos springheste viste, at der var store individuelle forskelle i blodparametre i en springkonkurrence efter arbejde. Studiet konkluderede desuden, at nogle blodparametre heriblandt laktatkonzentration bør analyseres efter en standardiseret arbejdstest samt, at resultaterne for hver hest bør sammenlignes med andre

heste i testen og ikke med middelværdier<sup>2</sup>. Beregningerne er ikke foretaget i dette studie, idet det ikke giver mening som følge af, at hestene udfører tre forskellige tests flere gange og forskellige intervaltræningsmetoder. Der er således kun én måling per hest per testmetode i hver periode.

I observationerne fandtes der nogle få afvigere (outliere) (figur 5). Afvigerne var ikke knyttet til bestemte heste eller bestemte tests. Disse outliere havde alle en forholdsvis forholdsvis høj hjertefrekvens sammenholdt med laktatkonzentrationen. Litteraturen beskriver, at laktatkonzentrationen og hjertefrekvensen sandsynligvis øges ved ophidselse som f.eks. når rytteren har uoverensstemmelse med hesten under standardiserede arbejdstests. Tests hvor jockey eller rytter eksempelvis hiver hårdt i hesten for at få den til at afpasse hastigheden, eller udføre arbejdet korrekt, bør ses som foreløbige og bør gentages<sup>5</sup>. I dette studie er der ikke taget højde for, at nogle af testene har medført uoverensstemmelser mellem rytter og hest, hvorfor dette måske kan forklare nogle af afvigelserne. Hjertefrekvensen formodes at stige hurtigt ved uoverensstemmelse og eventuelt forsinkes laktatkonzentrationens stigning og vises i næste måling. Desuden findes der undersøgelser, som viser, at hjertefrekvensen hos travere stiger under arbejde ved underliggende ortopædiske sygdomme, dvs. at hjertefrekvensen menes at stige som følge af smerte under arbejde<sup>3,35</sup>. Der er også fundet stigninger i hjertefrekvens og laktatkonzentration under arbejde hos heste med andre sygdomme, som for eksempel hjertesygdomme og lungesygdomme<sup>3</sup>. Underliggende ortopædiske sygdomme samt anden form for sygdom kan således være årsagen til afvigere i dette studie, da hestene ikke gennemgik omfattende

sundhedsundersøgelse forinden studiets start.

Effekten af intervaltræningsperioderne og intervaltræningsmetoderne blev analyseret ved at bruge et LSMEANS estimat (figur 11). Der er overordnet en signifikant forskel på de syv søjler ( $p < 0.0001$ ), hvor forskellene viser, at der fra første testperiode til anden testperiode er et næsten signifikant fald ( $p = 0,07$ ) og fra første testperiode til tredje testperiode er faldet højsignifikant ( $p < 0.0001$ ). Derimod er der ingen signifikant forskel på intervaltræningsmetoderne ( $p = 0.29$ ) - altså om hestene havde trænet galop, sprint eller á tempo. Det er således ikke muligt på denne baggrund at afgøre, hvilken intervaltræningsmetode, der er bedst - men der er en generel forbedring af værdier for laktatkonzentration over tid ved samme hjertefrekvens. Effekten af intervaltræning er vist for galophest, og der sås forbedringer efter seks ugers træning af både hjertefrekvens og laktatkonzentration. Hyppighed, hastighed og varighed har vist sig at spille en rolle, ligesom betydning af regulering af træningsintensitet også er nødvendig for at opnå kontinuerlige forbedringer<sup>36,42</sup>. I dette studie kan der ikke afgøres, om faldet i de sammenhørende værdier for hjertefrekvens og laktatkonzentration skyldes intervaltræningen, da der ikke findes en kontrolgruppe uden træning i studiet. Endelig er intensiteten af intervaltræningen ikke reguleret, om end det virker sandsynligt, at forbedringerne stammer fra intervaltræningen.

### Konklusion

Hypotesen om at der er sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkonzentration hos springheste kan bekræftes. Endvidere kan det bekræftes at sammenhængen mellem hjertefrekvens og laktatkonzentration afhænger af køn og det afvises at sammenhængen afhænger af alder.

Dette studie viser, at der er signifikant sammenhæng mellem hjertefrekvens og laktatkonzentration hos springheste. Der er varierende sammenhænge for parametre afhængig af, hvilket SET hesten udfører samt hvornår i studiet testen udføres. Det betyder, at der kunne ses ændringer af de sammenhørende værdier for hjertefrekvens og laktatkonzentration over tid, hvilket formodentligt skyldes, at hestene havde effekt af intervaltræningen. Endvidere fandtes der signifikante forskelle for hjertefrekvens og laktatkonzentration for hestens køn. Hingste havde signifikant lavere sammenhørende værdier af de målte parametre i forhold til hopper og valakker. Der kunne ikke måles signifikant forskel på hopper og vallakker. Der kunne ikke måles nogen signifikant forskel på alder.

Hjertefrekvensen hos springheste menes at kunne bruges som et hjælpemiddel i træningen, idet hjertefrekvens og laktatkonzentration har en sammenhæng. Dog bør værdierne ikke sammenlignes med middelværdier, men i stedet sammenlignes med observationer fra samme hest, som udfører det samme arbejde.

Resultatet af dette studie indikerer, at fysiologiske responser er forskellige, når de testes ved henholdsvis galoptest, á tempotest og springtest samt, at galop eventuelt kan ses som svarende til det arbejde en højtydende springhest skal udføre.

---

## Litteraturliste

1. Vasko, KA. Selecting the jumper. In Equine Sports Medicine. Ed. Jones, WE, Philadelphia, Lea og Febiger 1989: 293-297.
2. Art T, Desmecht D, Amory H, Delogne O, Buchet M, Leroy P, Lekeux P. A field study of post-exercise values of blood biochemical constituents in jumping horses: relationship with core, individual and event. Zentralblatt für Veterinärmedizin 1990; Apr; 37 (3): 231-239.
3. Persson, SGB. Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. Equine Exercise Physiology. Cambridge, Granta publications 1983: 441-457.
4. McMiken, DF. An energetic basis of equine performance. Equine Veterinary Journal 1983; 15: 123-133.
5. Wilson RG, Isler RB, Thornton JR. Heart rate, lactic acid production and speed during a standardized exercise test in standardbred horses. In. Equine Exercise Physiology. Eds. Snow DH, Persson SGB, Rose RJ. Cambridge, UK: Granta Editions, 1983: 487-496.
6. Rose, RJ, Hodgson, DR. Haematological and plasma biochemical parameters in endurance horses during training. Equine Veterinary Journal 1982; 14: 144-147.
7. Rose, RJ, Allen JR, Brock KA, Clark CR, Hodgson DR, Stewart JH. Response to submaximal treadmill exercising and training in the horse: change in haematology arterial blood gas and acid base measurement plasma biochemical values and heart rate. Veterinary Record 1983; 113: 612-618.

- 8.** Rose, RJ. Poor performance syndrome: Investigation and diagnostic techniques. In. *Current Therapy in Equine Medicine*. Ed. Robinson, NE. Philadelphia, WB Saunders Company 1987: 469-473.
- 9.** Tavernier, A. Estimation of breeding value of jumping horses from their ranks. *Livestock Production Science* 1990; Dec.; 26 (4): 277-290.
- 10.** Art T, Amory H, Desmecht D, Lekeux P. Effect of showjumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values. *Equine Veterinary Journal Supplement* 1990; 9: 78-82.
- 11.** Barrey E. Modélisation du cheval à l'effort: mise au point d'un simulateur sur un logiciel de calcul. *Recueil de Médecine Vétérinaire* 1990; 166 (12): 1135-1144.
- 12.** Barrey E, Valette JP. Measurements of heart rate, blood lactate, and hematological parameters during show jumping competitions ranging from regional to international level. *AESM Proceedings* 1992.
- 13.** Art T, Amory H, Desmecht D, Lekeux P. Effect of show jumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values. *Equine Veterinary Journal Supplement* 1990; Jun; (9): 78-82.
- 14.** Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM, Spierenburg AJ, van den Broek ET. The workload of riding-school horses during jumping. *Equine Veterinary Journal Supplement* 2006; Aug; (36): 93-97.
- 15.** Desmecht D, Linden A, Amory H, Art T, Lekeux P. Relationship of plasma lactate production to cortisol release following completion of different types of sporting events in horses. *Veterinary Research Communications* 1996; 20 (4): 371-379.
- 16.** Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM, Barneveld A, Schamhardt HC. Effects of weight and riding on workload and locomotion during treadmill exercise. Department of Large Animal Medicine and Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht, The Netherlands *Equine Veterinary Journal* 1995; 18: 413 – 417.
- 17.** Evans DL, Rose RJ. Cardiovascular and respiratory responses to exercise in thoroughbred horses. *The Journal of Experimental Biology* 1988; 134: 397 - 408.
- 18.** Evans DL, Rose RJ. Dynamics of cardiorespiratory function in standardbred horses during constant load exercise. *Journal of Comparative Physiology, B* 1988; 157: 791 – 799.
- 19.** Betros CL, McKeever KH, Kearns CF, Malinowski K. Effects of ageing and training on maximal heart rate and  $\dot{V}O_{2\max}$ . *Equine Veterinary Journal Supplement* 2002; 34: 100 – 105.
- 20.** Evans DL. The cardiovascular system: anatomy, physiology and adaptations to exercise and training. In. Hodgson DR, Rose RJ, eds. *The athletic horse*. Philadelphia: WB Saunders 1994: 129 – 144.
- 21.** Milne DW, Gabel AA, Muir WW, Skarda R. Effects of training on heart rate, cardiac output and lactic in Standardbred horses using standardized exercise test. *Journal of Equine Medicine* 1977; 1: 131 – 135.
- 22.** Galloux P, Valette JP, Barrey E, Auvinet B, Wolter R. Exercise test in saddle horse. 1: comparison of step test on a track and a inclined treadmill. *Journal of Equine Veterinary Science* 1993; 13 (7): 417 – 421.
- 23.** Rivero, JLL, Letelier, AI. Skeletal muscle profile show jumpers: physiological and pathological considerations. In. Lindner, A, ed. *The Elite Show Jumper*. Cesmas 2000: 57-76.

- 24.** Lindner A. Adaptation of the energy metabolism to conditioning: Which type of exercise for what? The Elite Race and endurance horse. *Cesmas* 2004: 53-62.
- 25.** Lindner A, von Wittke P, Frigg M. Effect of biotin supplementation on the VLA4 of Thoroughbred horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 1992; 12: 149-151.
- 26.** Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM. Does heart Rate indicate the health status of endurance horses during competition. The elite race and endurance horse. *Cesmas* 2004: 91-94.
- 27.** Castejón F, Rubio D, Tovar P, Vinuesa M, Riber C. A comparative study of aerobic capacity and fitness in three different horse breeds (Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian). *Zentralblatt Für Veterinarmedizin, A* 1994; Nov. 41 (9): 645-652.
- 28.** Hennings A, Kallweit E, Schafer B, Due M, Kasparai T, Ellendorff F. Effect of heart-rate-controlled treadmill exercise on biochemical on physiological variables of four year old warmblood horses. The Elite dressage and three-day-event horse. *Cesmas* 2002: 137-139.
- 29.** Melfsen-Jessen J, Kallweit E, Ellendorff F. Development of performance indicators in three-year-old Hanoverians during 25 weeks of treadmill training. The Elite dressage and three-day-event horse. *Cesmas* 2002: 165-167.
- 30.** Okonek S, Kallweit E, Schafer B, Ellendorff F. Power of heart rate, biochemical blood variables and different exercise tests for differentiating between trained and untrained three-year-old Hanoverian horses. The Elite dressage and three-day-event horse. *Cesmas* 2002: 175-177.
- 31.** Schafer B, Ellendorff F, Due M, Kaspareit T, Holzhausen H, Kallweit E. Response of heart rate and blood lactate concentration to endurance training in four-year-old warmblood horses. The Elite dressage and three-day-event horse. *Cesmas* 2002: 199-201.
- 32.** Barrey E, Valette JP. Exercise-related parameters of horses competing in show jumping events ranging from a regional to an international level. *Ann Zootech* 1993; 42: 89-98.
- 33.** Santamaría S, Bobbert MF, Back W, Barneveld A, van Weeren PR. Effect of early training on the jumping technique of horses. *American Journal of Veterinary Research* 2005; Mar; 66 (3): 418-424.
- 34.** Snow DH, Mason DK, Ricketts SW, Douglas TA. Post race biochemistry in Thoroughbreds. In. Snow DH, Persson SGB, Rose RJ. Eds. *Equine Exercise Physiology*. Cambridge: Granta Editions 1983: 389-394.
- 35.** Couroucé A, Geffroy O, Chatard JC, Auvinet B. Significance of high heart rate recorded during standardized field exercise tests in the detection of orthopaedic diseases in standardbred trotters. *Département de Médecine du Sport, Centre Hospitalier de laval, France. Pferdeheilkunde* 1996; 12: 588-593.
- 36.** Lindner A, Mosen H, Kissenbeck S, Fuhrmann H, Sallmann HP. Effect of blood lactate-guided conditioning of horses with exercises of differing durations and intensities on heart rate and biochemical blood variables. *Journal of Animal Science* 2009; Oct; 87 (10): 3211-3217.
- 37.** RJ, Ilkiw JE, Arnold KS. Plasma biochemistry in the horse during 3-day event competition. *Equine Veterinary Journal* 1980; 12: 132-136.



**38.** Piccione G, Costa A, Fazio F, Caola G. Heart score and blood lactate in the assessment of athlete horse performance. *Medycyna Weterynaryjna* 2003; 59 (11): 979-982.

**39.** Covalesky ME, Russoniello CR, Malinowski K. Effects of show jumping performance stress on plasma cortisol and lactate concentrations and heart rate and behaviour in horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 1992; 12 (4): 244-251.

**40.** Barrey E, Galloux P, Valette JP, Auvinet B. Comparison of heart rate, blood lactate and stride length and frequency during incremental exercise tests in overground vs. treadmill conditions. *The Equine Athlete* 1993; 6: 14-17.

**41.** Persson, SGB. Heart rate and blood lactate responses to submaximal treadmill exercise in the normally performing standardbred trotter - age and sex variations and predictability from the total red blood cell volume. *Zentralblatt für Veterinärmedizin A*. 1997 May; 44 (3): 125-132.

**42.** Lindner A, Signorini R, Brero L, Arn E, Mancini R, Enrique A. Effect of conditioning horses with short intervals at high speed on biochemical variables in blood. *Equine Veterinary Journal Supplement* 2006; Aug; (36): 88-92.

## Bilag 1.

Statistisk model, parameterestimer og p-værdier (SAS-udskrift) for den fulde model:

Statistisk model:  $\ln(\text{laktat\_max}) = \alpha + \beta_1 * \text{puls\_max} + \beta_2 * \text{atempo} + \beta_3 * \text{galop} + \beta_4 * \text{hingst} + \beta_5 * \text{hoppe} + \beta_{7-11} * \text{periode} * \text{træning} + \gamma_{\text{navn}} + \epsilon$ .

### Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate	Standard Error	Z Value	Pr > Z
puls*navn	0	.	.	.
navn*arbejde	0.01230	0.007665	1.60	0.0543
navn*periode*train	7.71E-21	.	.	.
navn	0	.	.	.
Residual	0.05400	0.008033	6.72	<.0001

### Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	65.9
AIC (smaller is better)	69.9
AICC (smaller is better)	69.9
BIC (smaller is better)	71.9

### Solution for Fixed Effects

Effect	arbejde	sex	train	periode	alder	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
Intercept						0.1748	0.3230	129	0.54	0.5893
puls						0.005668	0.001551	133	3.66	0.0004
arbejde						0.1209	0.05610	41.9	2.15	0.0370
arbejde	atempo					0.5635	0.06578	68.8	8.57	<.0001
arbejde	spring					0	.	.	.	.
sex		hingst				-0.2059	0.06981	56.4	-2.95	0.0046
sex		hoppe				-0.00062	0.05806	45.3	-0.01	0.9915
sex		vallak				0	.	.	.	.
periode*train			atemp	2		-0.04630	0.06636	131	-0.70	0.4866
periode*train			galop	2		-0.1259	0.06160	129	-2.04	0.0429
periode*train			sprin	2		-0.06212	0.06240	128	-1.00	0.3214
periode*train			atemp	3		-0.3082	0.07378	126	-4.18	<.0001
periode*train			galop	3		-0.3147	0.07525	127	-4.18	<.0001
periode*train			sprin	3		-0.1529	0.07951	129	-1.92	0.0567
periode*train			start	100		0	.	.	.	.
alder					4	-0.06138	0.08033	49.7	-0.76	0.4484
alder					5	-0.09668	0.08095	49.3	-1.19	0.2381
alder					6	0.009277	0.07643	47.1	0.12	0.9039
alder					7	0	.	.	.	.

### Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
puls	1	133	13.36	0.0004
arbejde	2	57.5	36.92	<.0001
sex	2	50.7	4.61	0.0144
periode*train	6	117	5.36	<.0001
alder	3	47.2	1.18	0.3277

### Contrasts

Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
galop mod sprint og atempo	1	133	2.16	0.1443
sprint mod galop og atempo	1	131	2.88	0.0922
periode start mod periode 2	1	91.9	3.41	0.0682
periode start mod periode 3	1	93.6	26.46	<.0001
periode 2 mod periode 3	1	92.1	12.86	0.0005

SAS-udskrift for den reducerede model:

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate	Standard Error	Z Value	Pr > Z
puls*navn	0	.	.	.
navn*arbejde	0.01042	0.007015	1.49	0.0688
navn	0	.	.	.
Residual	0.05531	0.008058	6.86	<.0001

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	46.3
AIC (smaller is better)	50.3
AICC (smaller is better)	50.4
BIC (smaller is better)	52.4

Solution for Fixed Effects

Effect	arbejde	sex	periode	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
Intercept				0.008594	0.2843	131	0.03	0.9759
puls				0.006314	0.001466	132	4.31	<.0001
arbejde	atempo			0.1259	0.05469	46.4	2.30	0.0259
arbejde	galop			0.5523	0.06422	76	8.60	<.0001
arbejde	spring			0	.	.	.	.
sex		hingst		-0.1976	0.05737	58	-3.44	0.0011
sex		hova		0	.	.	.	.
periode			2	-0.07863	0.04267	95.6	-1.84	0.0685
periode			3	-0.2601	0.05063	97.3	-5.14	<.0001
periode			100	0	.	.	.	.

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
puls	1	132	18.55	<.0001
arbejde	2	63.3	37.15	<.0001
sex	1	58	11.87	0.0011
periode	2	96.3	13.25	<.0001