

7 Zusammenfassung

Für die Untersuchung biochemischer und biophysikalischer Reaktionen trainierter und nicht trainierter Pferde auf standardisierte Belastungstests unterschiedlicher Intensität standen 10 Wallache der Rasse „Hannoversches Warmblut“ zur Verfügung. Die Hälfte der Pferde hatte zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns ein fünf-monatiges für diese Pferde einheitliches Trainingsprogramm auf dem Laufband und in der Führanlage absolviert. Die übrigen fünf Pferde dienten als Kontrolle. Alle 10 Pferde wurden innerhalb von sechs Wochen insgesamt vier standardisierten Belastungstests auf dem Laufband unterzogen. Es handelte sich hierbei um folgende vier Belastungstests:

A) Steigende Intensität

1. „Submaximal“ (Aufwärmphase + 5 min bei 6,5-10 m/s, 3 % Steigung + Erholungsphase)
2. „Maximal“ (Aufwärmphase + >9 min bei 3,5-10 m/s, 6 % Steigung + Erholungsphase; die Laufgeschwindigkeit bei 10 m/s wurde aufrecht erhalten bis die Pferde Anzeichen der Ermüdung zeigten)

B) Konstante Intensität

1. „Geringe Belastungsintensität“ (Aufwärmphase, 41 min bei 4 m/s, 3 % Steigung, Erholungsphase)
2. „Höhere Belastungsintensität“ (Aufwärmphase, 20 min bei 7,5 m/s, 3 % Steigung, Erholungsphase).

Es wurden vor, während und nach der Belastung die folgenden Parameter erfaßt: Laktat, Hämoglobin und pH-Wert des venösen Blutes, Gesamteiweiß, Kreatin-Kinase, Laktatdehydrogenase und Kreatinin des Plasmas. Die Herzschlagfrequenz wurde während der gesamten Belastung registriert.

Die Untersuchung zeigte:

Laktat und Herzschlagfrequenz

„Submaximaler Belastungstest“:

1. Die trainierten Pferde hatten im submaximalen Belastungstest signifikant niedrigere ($P < 0,05$) Laktatkonzentrationen im Blut (höchster Mittelwert:

2,49 ± 0,281 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) als die nicht trainierten Pferde (höchster Mittelwert: 5,44 ± 0,706 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).

- Die Herzschlagfrequenz sank innerhalb der ersten 10 Minuten nach Belastungsende bei den trainierten Pferden signifikant schneller ab ($P < 0,05$).

„Maximaler Belastungstest“:

- Bei maximaler Belastung traten weder in der Laktatkonzentration im Blut noch in der Herzfrequenz signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf (höchste Mittelwerte: Laktat, Trainingsgruppe: 8,78 ± 0,748 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$), Kontrollgruppe: 11,52 ± 1,835 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$); Herzfrequenz, Trainingsgruppe: 209,3 ± 4,71 Schläge/min ($\bar{x} \pm \text{SEM}$), Kontrollgruppe: 203,6 ± 6,34 Schläge/min ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)). Ebensovienig unterschieden sich die Maxima der Gruppen
- Die Punktkorrelation zwischen Herzfrequenz und Laktat zeigt, daß die Laktatkonzentration im Blut in beiden Gruppen bei ca. 160 Herzschlägen/Minute anstieg.
- Die Pferde, die mit Abstand am längsten liefen, waren zwei Halbblüter (jeweils ein Pferd der Trainingsgruppe und eines der Kontrollgruppe)
- Bei den Pferden mit der längsten Laufzeit fiel sowohl die Herzfrequenz als auch die Laktatkonzentration im Blut noch vor Erreichen des Belastungsendes ab.

Belastungstest mit geringer konstanter Belastungsintensität:

- Die Laktatkonzentration stieg in keiner Gruppe an (höchster Mittelwert: Trainingsgruppe: 1,10 ± 0,050 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$), Kontrollgruppe: 1,4 ± 0,301 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
- Die Herzfrequenz lag sowohl zeitweise während der Belastung als auch nach Belastungsende bei den trainierten Pferden signifikant niedriger ($P < 0,05$) als in der Kontrollgruppe.

Belastungstest mit höherer konstanter Belastungsintensität:

- Die trainierten Pferde wiesen zu mehreren Zeitpunkten während und nach der Belastung signifikant niedrigere ($P < 0,05$) Laktatkonzentrationen auf (höchster Mittelwert: 3,3 ± 0,629 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)) als die Kontrolltiere (höchster Mittelwert: 5,15 ± 0,49 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
- Die Herzfrequenz fiel bei den trainierten Pferden nach Belastung innerhalb der ersten 15 Minuten signifikant schneller ($P < 0,05$) ab.

Protein, Hämoglobin, pH-Wert, Kreatin-Kinase, Laktatdehydrogenase und Kreatinin

11. Bei den Parametern Protein, Hämoglobin, pH-Wert, Kreatin-Kinase, Laktatdehydrogenase und Kreatinin konnten in keinem Test signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden.
12. Die Parameter Protein, Hämoglobin, pH-Wert und Kreatinin wiesen in allen vier Tests signifikante Veränderungen im Versuchszeitraum auf. Die übrigen Merkmale dagegen zeigten nur in einzelnen Tests Reaktionen, nämlich bei Belastung mit höherer konstanter Belastungsintensität (Kreatin-Kinase, Laktatdehydrogenase) und bei submaximaler Belastung (Laktatdehydrogenase).
13. In den Tests steigender Belastungsintensität traten während des Zeitverlaufes deutliche Schwankungen in der Proteinkonzentration auf (die Werte bewegten sich zwischen $56,6 \pm 0,99$ g/l und $67,2 \pm 0,99$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)), während dies in den Fällen konstanter Belastungsintensität weniger ausgeprägt war (die Werte bewegten sich zwischen $58,4 \pm 1,9$ g/l und $63,5 \pm 1,5$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
14. Das Maximum der Hämoglobinkonzentration war bei den Tieren der Trainingsgruppe im Test mit geringer konstanter Belastungsintensität signifikant am niedrigsten ($P < 0,05$) ($167 \pm 7,8$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)); in der Kontrollgruppe lag das Maximum bei maximaler Belastung signifikant höher ($P < 0,05$) als in den übrigen Tests ($203 \pm 5,2$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
15. Der pH-Wert fiel in den beiden Belastungstests steigender Belastungsintensität (der mittlere Minimalwert bewegte sich zwischen $7,201 \pm 0,0457$ und $7,33 \pm 0,0092$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)), er stieg hingegen in den Tests konstanter Belastungsintensität (der mittlere Maximalwert bewegte sich zwischen $7,459 \pm 0,0063$ und $7,485 \pm 0,0116$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
16. Die Maxima der Kreatin-Kinasekonzentration traten in allen Tests erst einige Stunden nach Belastungsende auf. Die von den einzelnen Pferden erreichten Werte differierten erheblich (zwischen 64 U/l und 393 U/l).
17. Ein Pferd (aus der Kontrollgruppe) wies in jedem Test zu allen Meßzeitpunkten deutlich höhere Laktatdehydrogenasekonzentrationen auf als die übrigen Pferde.
18. Die Kreatininkonzentration stieg im Test maximaler Belastung am stärksten an (mittlerer Maximalwert: Trainingsgruppe/ Kontrollgruppe: $136 \pm 3/ 139 \pm 3$ $\mu\text{mol/l}$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)), in dem Test submaximaler Belastung am wenigsten (Trainingsgruppe/ Kontrollgruppe: $102 \pm 4,4/ 111 \pm 3$ $\mu\text{mol/l}$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).

Die Untersuchung hat gezeigt, daß die Bestimmung der Laktatkonzentration im Blut und die Herzschlagfrequenz bei standardisierter Belastung bestimmter Intensität zur Differenzierung zwischen trainierten und nicht trainierten Pferden geeignet ist. Dies zeigt sich im Laktatwert am deutlichsten, sowohl während eines submaximalen Belastungstests als auch nach Belastungsende. In der Herzschlagfrequenz dagegen treten kontinuierliche Unterschiede überwiegend innerhalb der ersten 10-15 Minuten der Erholungsphase auf.

Während der Belastung scheint die Laktatkonzentration in erster Linie ein Maß für die Leistungsfähigkeit des Tieres zu sein, wohingegen die Herzschlagfrequenz die relative Belastungsintensität für das einzelne Pferd widerspiegelt.

8 Summary

Sandra Okonek

Biochemical and biophysical adaptation of trained and untrained horses to standardised exercise of different intensity

Biochemical and biophysical adaptation of trained and untrained horses to standardised exercise of different intensity was studied in 10 Hannoverian geldings. Five of these horses had been trained for five month with an identical training program on a treadmill and in a horse walker. The other five horses served as controls (i. e. were kept with trained horses in the same group with access to a paddock; they were made familiar with the treadmill without exercise). In total, all 10 horses underwent four standardised exercise tests on the treadmill in six weeks. Four tests were used:

A) Increasing intensity

1. „Submaximal“ (warm-up, 5 min at 6,5-10 m/s, 3% slope, recovery)
2. „Maximal“ (warm-up, >9 min at 3,5-10 m/s, 6 % slope, recovery; running speed at 10 m/s lasted until signs of exhaustion became evident)

B) Constant intensity

1. „Low exercise intensity“ (warm-up, 41 min at 4 m/s, 3 % slope, recovery)
2. „Higher exercise intensity“ (warm-up, 20 min at 7.5 m/s, 3 % slope, recovery).

Jugular venous blood samples were taken before, during and after exercise for analysis of blood lactate, haemoglobin, pH, total plasma protein, creatinkinase, lactat-dehydrogenase and creatinin. Heart rate was recorded continuously during exercise.

The following results were obtained:

Lactate and heart rate

„Submaximal exercise test“

1. During submaximal exercise the trained horses had significant lower ($P < 0.05$) blood lactate concentrations (highest mean value: 2.49 ± 0.281 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)) when compared to untrained controls (highest mean value: 5.44 ± 0.706 mmol/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).

2. During ten minutes following exercise recovery heart rate was significantly lower ($P < 0,05$) in trained horses when compared to controls.

„Maximal exercise test“

3. Neither blood lactate nor heart rate showed significant differences between trained and untrained horses during or after maximal exercise (highest mean values: lactate, training group: $8,78 \pm 0,748$ mmol/l ($\bar{x} \pm SEM$), controls: $11,52 \pm 1,835$ mmol/l ($\bar{x} \pm SEM$); heart rate, training group: $209,3 \pm 4,71$ beats/min ($\bar{x} \pm SEM$), controls: $203,6 \pm 6,34$ beats/min ($\bar{x} \pm SEM$)). Similar peak blood lactate and peak heart rate showed no differences between the groups.
4. The correlation between heart rate and lactate showed that blood lactate increases at an exercise heart rate of 160 beats/min.
5. In both groups the two warmblood/ thoroughbred crossbreeds were the last to reach the state of exhaustion.
6. In both horses heart rate and blood lactate decreased before the end of exercise.

„Low exercise intensity“

7. Blood lactate concentration did not increase significantly during exercise in any group (highest mean values: training group: $1,10 \pm 0,050$ mmol/l ($\bar{x} \pm SEM$), controls: $1,4 \pm 0,301$ mmol/l ($\bar{x} \pm SEM$)).
8. Heart rate was in part during and after exercise significantly lower ($P < 0,05$) in trained horses when compared to untrained horses.

„Higher exercise intensity“:

9. The trained horses showed significantly lower ($P < 0,05$) blood lactate concentrations (highest mean value: $3,3 \pm 0,629$ mmol/l ($\bar{x} \pm SEM$)) when compared to untrained horses (but not continuously) (highest mean value: $5,15 \pm 0,49$ mmol/l ($\bar{x} \pm SEM$)).
10. Recovery heart rate was significantly lower ($P < 0,05$) during the first 15 min after exercise in trained horses when compared to controls.

Total plasma protein, haemoglobin, pH, creatinkinase, lactatdehydrogenase and creatinin

11. There were no significant differences for total plasma protein, haemoglobin, pH, creatinkinase, lactatdehydrogenase and creatinin between the groups.
12. Total plasma protein, haemoglobin, pH and kreatinin showed significant alterations in all exercise tests. In the other parameters significant alterations were seen only in some exercise tests, i. e. exercise with higher constant exercise

intensity (creatin kinase, lactate dehydrogenase) and submaximal exercise (lactate dehydrogenase).

13. In exercise tests with increasing exercise intensity clearly visible variations in total plasma protein concentrations were seen during the time course (the values ranged from $56,6 \pm 0,99$ g/l to $67,2 \pm 0,99$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)), while in the exercise tests with constant exercise intensity variations were less (the values ranged from $58,4 \pm 1,9$ g/l to $63,5 \pm 1,5$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
14. The maximum of haemoglobin concentration in the trained animals was significantly lower ($P < 0,05$) in the exercise test with low constant intensity when compared to the other tests ($167 \pm 7,8$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)); in the control group the maximum was significantly increased ($P < 0,05$) under maximal exercise when compared to the other tests ($203 \pm 5,2$ g/l ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
15. pH decreased in the exercise test of increasing exercise intensity (mean minimal pH ranged from $7,201 \pm 0,0457$ to $7,33 \pm 0,0092$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)), it increased in the exercise test of constant exercise intensity (mean maximal pH ranged from $7,459 \pm 0,0063$ to $7,485 \pm 0,0116$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).
16. Maximum creatin kinase concentration occurred in each test some hours after exercise. The values of single horses differed considerably (from 64 U/l to 393 U/l).
17. One horse (out of the control group) always (in each test) showed a higher lactate dehydrogenase concentrations than the other horses.
18. The creatinin concentration was increased the most in the maximal exercise test (mean maximal value: training group/ control group: $136 \pm 3/ 139 \pm 3$ $\mu\text{mol/l}$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)), whereas was lowest in the submaximal exercise test (mean maximal value: training group/ control group: $102 \pm 4,4/ 111 \pm 3$ $\mu\text{mol/l}$ ($\bar{x} \pm \text{SEM}$)).

The investigation indicated that blood lactate and heart rate in a standardised exercise at a defined intensity is appropriate to differentiate between trained and untrained horses. The strongest effect on lactate levels was seen during as well as after exercise in the submaximal exercise test. Heart rate showed continuous differences during the first 10-15 minutes after exercise.

During exercise blood lactate seems to be an indicator of the horses performance ability, while heart rate represents relative exercise intensity for each horse.