

VI. Zusammenfassung

Unter standardisierten Bedingungen wurde untersucht, welchen Einfluß eine intensive Trainingsarbeit bei jungen Pferden auf den Knochen und die Muskulatur hat und inwieweit sich Reaktionen anhand hämatologischer Indikatoren nachweisen lassen.

Insgesamt 7 Pferde (4 Wallache und 3 Stuten, Alter 2 Jahre) absolvierten jeweils eine 6-wöchige Trainingsperiode, an die sich eine 15-wöchige Ruheperiode anschloß.

Die Trainingsperiode begann mit einem Stufentest, dem jeweils 8 alternierend gelaufene Kurz- und Langzeitbelastungen folgten und wurde wiederum mit einem Stufentest beendet.

Die unterschiedlichen Belastungen sahen wie folgt aus:

Der Stufentest (ST) bestand aus sechs Stufen à fünf Minuten mit steigender Geschwindigkeit um je 1 m/sec/Stufe. Die Geschwindigkeit der ersten Stufe betrug 5 m/sec, die Geschwindigkeit der letzten Stufe 10 m/sec. Nach jeder Belastungsstufe wurde der Blutlaktatgehalt gemessen und für jedes Pferd die individuelle Laktat-Laufgeschwindigkeitskurve ermittelt, aus der die Geschwindigkeit für die Kurz- und Langzeitbelastungen anhand der sogenannten $v_{4,0}$ bzw. $v_{2,5}$ bestimmt wurden.

Die Kurzzeitbelastung (KZ) begann bei der für jedes Pferd rechnerisch ermittelten Geschwindigkeit der $v_{4,0}$ und wurde alle 60 Sekunden um 0,3 m/sec erhöht; sie dauerte bei allen Tieren konstant 15 Minuten.

Die Langzeitbelastung (LZ) erfolgte bei einer konstanten Geschwindigkeit, bei der individuell für jedes Pferd rechnerisch ermittelten $v_{2,5}$. Die Belastungsdauer richtete sich nach dem für die Kurzzeitbelastung errechneten Mehrbedarf an Energie und wurde entsprechend angepaßt, d.h. daß die Belastungsdauer rechnerisch den gleichen Energieverbrauch wie die Kurzzeitbelastung erbringen mußte.

Alle Belastungen wurden unter standardisierten Bedingungen auf einem Laufband durchgeführt.

Neben der Ermittlung der Herzfrequenz wurden zu definierten Zeitpunkten Blutproben entnommen; die Parameter waren Laktat, Gesamtcalcium, ionisiertes Calcium, pH,

VI. Zusammenfassung

anorganisches Phosphat, Parathormon (intakt), Osteocalcin, Carboxyterminales Telozeptid des Typ I Kollagen (ICTP), Kreatin-Kinase (CK) und Aspartat-Aminotransferase (AST). Die Bestimmung von Laktat, CK und AST erfolgte enzymatisch, Gesamtcalcium mittels Atomabsorptionsspektrometrie, pH und ionisiertes Calcium ionensensitiv, anorganisches Phosphat photometrisch, Parathormon und ICTP mit einem Radioimmunoassay und Osteocalcin mit einem ELISA.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

1. Der Verlauf der Konzentration des Gesamtcalciums im Plasma zeigte während der beiden Stufenteste sowie in der 24-stündigen Erholungsphase keine statistisch abzusichernden Veränderungen.

Bei den Kurzzeitbelastungen kam es nach einem Abfall zum Belastungsende zu einem signifikanten Anstieg nach 4 Stunden ($p < 0,01$) (KZ 1: $3,16 \pm 0,16$ auf $3,61 \pm 0,42$ mmol/l, KZ 8: $3,03 \pm 0,10$ auf $3,53 \pm 0,30$ mmol/l). Die Werte erreichten nach 24 Stunden in etwa wieder die Ausgangskonzentration (KZ 1: $3,25 \pm 0,39$ mmol/l) ($p < 0,05$), bzw. lagen bei der 8. Kurzzeit mit $3,46$ mmol/l noch darüber ($3,10 \pm 0,14$ mmol/l).

Während der Langzeitbelastungen konnten keine belastungsbedingten Veränderungen festgestellt werden. 4 Stunden nach Belastung konnte bei der 8. Langzeitbelastung ein signifikanter Anstieg von $3,20 \pm 0,27$ auf $3,55 \pm 0,65$ mmol/l beobachtet werden, dem ein Abfall nach 24 Stunden auf $3,25 \pm 0,21$ mmol/l folgte ($p < 0,05$).

2. Im Verlauf der Stufenteste und Kurzzeitbelastungen fiel die Konzentration des ionisierten Calciums im Vollblut hochsignifikant ab (ST 1: $1,63 \pm 0,05$ auf $1,42 \pm 0,05$ mmol/l, ST 2: $1,67 \pm 0,04$ auf $1,48 \pm 0,08$ mmol/l, $p < 0,01$; KZ 1: $1,59 \pm 0,05$ auf $1,40 \pm 0,10$ mmol/l, KZ 8: $1,66 \pm 0,06$ auf $1,47 \pm 0,08$ mmol/l). Vier Stunden nach Belastung stieg die Konzentration wieder deutlich an ($p < 0,01$) und lag über den Ausgangskonzentrationen (ST 1: $1,74 \pm 0,08$, ST 2: $1,80 \pm 0,10$ mmol/l, KZ 1: $1,78 \pm 0,05$, KZ 8: $1,76 \pm 0,12$ mmol/l), die 24 Stunden nach den Belastungen wieder annähernd erreicht wurden.

Bei den Langzeitbelastungen konnten sowohl belastungsbedingt als auch in der Erholungsphase keine signifikanten Veränderungen der Konzentrationen festgestellt

VI. Zusammenfassung

werden. Allerdings lagen die Werte mit $1,77 \pm 0,10$ mmol/l 24 Stunden nach der ersten Langzeitbelastung über dem Ausgangsniveau mit $1,66 \pm 0,09$ mmol/l ($p < 0,05$).

3. Der pH-Wert im Blut fiel im Verlauf der Stufenteste und Kurzzeitbelastungen hochsignifikant ab, stieg nach 4 Stunden wieder auf das Ausgangsniveau an und lag nach einem weiteren Anstieg 24 Stunden nach Belastung leicht darüber.

Einen konträren Verlauf zeigten die Langzeitbelastungen, bei denen es nach Belastung zu einem signifikanten Anstieg kam. In der Erholungsphase fielen die Werte nach vier Stunden wieder auf das Ausgangsniveau zurück.

4. Im Verlauf der Stufenteste und Kurzzeitbelastungen stieg die Konzentration des **anorganischen Phosphates** im Plasma an (ST 1: $0,92 \pm 0,05$ auf $1,2 \pm 0,07$ mmol/l, ST 2: $0,92 \pm 0,04$ auf $1,18 \pm 0,08$ mmol/l, $p < 0,05$; KZ 1: $1,07 \pm 0,09$ auf $1,36 \pm 0,13$ mmol/l, KZ 8: $0,97 \pm 0,07$ auf $1,24 \pm 0,07$ mmol/l), fiel nach 4 Stunden wieder ab (ST 1: $0,86 \pm 0,17$, ST 2: $0,93 \pm 0,08$ mmol/l, $p < 0,05$, KZ 1: $0,8 \pm 0,12$, KZ 8: $0,87 \pm 0,11$ mmol/l, $p < 0,01$) und stieg dann im Verlauf der Erholungsphase bis 24 Stunden nach Belastung erneut an (ST 1: $0,91 \pm 0,12$ mmol/l, ST 2: $1,01 \pm 0,06$ mmol, KZ 1: $0,99 \pm 0,08$, KZ 8: $1,03 \pm 0,15$ mmol/l).

Bei der Langzeitbelastung konnte keine belastungsbedingte Verschiebung der Phosphatkonzentration beobachtet werden.

5. Bei den beiden Stufentesten kam es zu einer hochsignifikanten Erhöhung der **Parathormon-Konzentration** im Plasma (ST 1: $9,0 \pm 2,6$ auf $32,2 \pm 9,4$ pg/ml, ST 2: $8,0 \pm 3,6$ auf $27,6 \pm 9,4$ pg/ml, $p < 0,01$) und einen Abfall nach 4 Stunden (ST 1: $2,8 \pm 2,0$, ST 2: $2,1 \pm 1,2$ pg/ml). 24 Stunden nach Belastung hatten, im Gegensatz zu den noch niedrigeren Werten des ersten, die Werte beim zweiten Stufentest das Ausgangsniveau wieder erreicht. Ein vergleichbares Ergebnis zeigte sich bei den beiden Kurzzeitbelastungen.

Bei den Langzeitbelastungen kam es belastungsbedingt zu keiner Veränderung, nach 4 Stunden zeigte sich ein deutlicher Abfall ($p < 0,05$), dem ein Wiederanstieg nach 24 Stunden folgte, bei dem die Ruhewerte allerdings nicht erreicht wurden.

6. Die **Osteocalcin-Konzentration** im Plasma zeigte beim Stufentest 1 keine signifikanten Veränderungen während der Belastung. In der Erholungsphase kam es zu einem signifikanten Abfall der Osteocalcinkonzentration von 56 ± 14 auf 39 ± 7 ng/ml. Während des Stufentest 2 kam es zu einem signifikanten Anstieg von 39 ± 7 auf 44 ± 8 ng/ml ($p < 0,05$).

VI. Zusammenfassung

Bei den Kurz- und Langzeitbelastungen konnte ein belastungsbedingter Anstieg (KZ 1: 42 ± 5 auf 47 ± 8 ng/ml ($p < 0,05$); KZ 8: 39 ± 6 auf 42 ± 9 ng/ml, LZ 1: 49 ± 9 auf 56 ± 13 ng/ml, LZ 8: 41 ± 10 auf 51 ± 14 ng/ml, $p < 0,01$) festgestellt werden. In der Erholungsphase kam es zu einem Abfall der Werte, während bei der Kurzzeitbelastung 8 keine Veränderung der Werte zu beobachten war.

Ein hochsignifikanter Abfall der Osteocalcin-Werte konnte von 53 ± 7 ng/ml (S1) auf 37 ± 7 ng/ml (S2) im Verlauf der Trainingsperiode bestimmt werden. In der Ruheperiode stiegen die Werte wieder an und erreichten nach 10 Wochen (R2) das Ausgangsniveau.

7. Ein einheitlicher Verlauf zeigte sich bei den ICTP-Konzentrationen im Verlauf der Stufenteste, Kurz- und Langzeitbelastungen. Die Werte stiegen deutlich an und fielen in der Erholungsphase wieder unter das Ausgangsniveau ab ($p < 0,05$). Bei den Stufentesten wurden die Ausgangswerte nach 24 Stunden noch nicht wieder erreicht, obwohl es zu einem geringen Anstieg während der Erholungsphase kam.
8. Die Entwicklung der Konzentrationen der CK-Aktivitäten im Plasma war bei den verschiedenen Belastungsarten gleich. Die Werte stiegen während der Belastung hochsignifikant an (ST 1: 50 ± 30 auf 99 ± 44 U/l, ST 2: 45 ± 17 auf 84 ± 21 U/l) und waren 4 Stunden am höchsten (ST 1: 165 ± 54 , ST 2: 131 ± 25 U/l).
9. Während der Stufenteste und Kurz- und Langzeitbelastungen erfolgte ein signifikanter Anstieg der AST-Aktivitäten. In der Erholungsphase blieben die Werte annähernd konstant.

Die Muskulatur scheint beim jungen Pferd mit einer hohen Kapazität an harte Belastungen angepasst zu sein. Demgegenüber steht das Skelettsystem, welches insbesondere zu Beginn des Trainings einen erhöhten Schwachpunkt für Verletzungen darstellt.

Die Knochenmarker eignen sich nicht als präventives Verfahren, um Vorhersagen bezüglich auftretender Lahmheiten zu treffen, allerdings ist es mit ihrer Bestimmung möglich, dynamische Prozesse bezüglich der Veränderungen im Verlauf des Trainings und insbesondere in den ersten Trainingsmonaten zu reflektieren.

Weitere Studien wären notwendig zur Klärung der Frage nach dem optimalen Calciumbedarf für junge und hart arbeitende Pferde und den möglichen Eingriff durch veränderte Supplementierung in die Calcium-Homöostase

VII. Summary

Ulrike Wedemeyer: The effects of intensive training on bone and the musculoskeletal system in young horse

VII. Summary

The aim of this study was to investigate under standardised conditions the influence of training of young horses on bone and musculoskeletal system and the extent of correlated changes in different serum parameters.

In total seven horses (4 geldings and 3 mares, 2 years of age) completed a 6 week training period followed by a 15 week resting period

The training period started with a standardised exercise test, subsequently followed by eight alternating short- and long term exercise tests and ended with a standardised exercise test. The different test profiles are characterized as followed

Each **standardised exercise test (SET)** consisted of 6 steps, each 5 min with increasing velocity of 1 m/s/step. The first step pace was set at 5m/s the last step pace at 10m/s. After each step the blood lactate level was measured and for each horse an individual blood lactate running velocity relation was calculated, which was used to determine the velocity for short and long term exercise tests, by means of $v_{4.0}$ and $v_{2.5}$ accordingly.

The **short term exercise (ST)** started for each horse at the calculated $v_{4.0}$ and was increased every 60 seconds for 0.3 m/sec; the ST lasted 15 min in total for all horses tested.

The **long term exercise (LT)** was performed at a constant speed $v_{2.5}$ that was calculated for each horse individually. The duration of the LT was determined by the excess of energy and was adjusted accordingly, i.e. the load duration resembled the same amount of energy consumption as calculated for the ST.

All testloads were carried out under standardised conditions using a treadmill. In addition to the heart rate, blood samples were drawn at defined time points. The following parameters

VII. Summary

were evaluated: lactate, total calcium, ionized calcium, pH, inorganic phosphate, parathormon (intact), osteocalcin, carboxyterminal telopeptide of Type-I collagen (ICTP), creatine kinase (CK) and aspartate aminotransferase (AST).

Lactate, CK and AST were measured enzymatically, total calcium by atomabsorptionspectrometry, pH and ionized calcium ion-sensitive, inorganic phosphate by photometry, parathormone and ICTP using a radio immunoassay and osteocalcin by enzyme linked immuno-sorbent assay.

The following results were obtained:

1. The total plasma calcium did not show significant changes in concentration during the two SET as well as during the 24 hour recovery phase.

In the ST a significant increase after 4 hours after a decrease toward the test end was found ($p < 0.01$) (SET 1: 3.16 ± 0.16 to 3.61 ± 0.42 mmol/l, SET 2: 3.03 ± 0.10 to 3.53 ± 0.30 mmol/l). After 24 hours these values returned to normal (SET 1: 3.25 ± 0.39 mmol/l) ($p < 0.05$), but were elevated at the ST 2 (3.46 mmol/l to 3.10 ± 0.14 mmol/l)

During LT no exercise depended changes could be detected. 4 hours post exercise at the LT 2 a significant increase was measured which was followed by a decrease after 24 hours.

2. In the course of the SET and ST the ionized calcium concentration in whole blood samples decreased significantly (SET 1: 1.63 ± 0.05 to 1.42 ± 0.05 mmol/l, SET 2: 1.67 ± 0.04 to 1.48 ± 0.08 mmol/l, $p < 0.01$; ST 1: 1.59 ± 0.05 to 1.40 ± 0.10 mmol/l, ST 2: 1.66 ± 0.06 to 1.47 ± 0.08 mmol/l). 4 hours after the test the concentration increased again ($p < 0.01$) and exceeded the baseline level (SET 1: 1.74 ± 0.08 , SET 2: 1.80 ± 0.10 mmol/l, ST 1: 1.78 ± 0.05 ST 2: 1.76 ± 0.12 mmol/l), that was reached approximately 24 hours after the test.

The LT did not reveal significant changes of the ionized calcium during test or recovery phases. Although the 24 hour values after the first LT were higher than baseline levels ($p < 0.05$).

VII. Summary

3. The pH decreased significantly during the course of the standardised exercise test and the short term exercise, increased after 4 hours to baseline levels and was slightly elevated at 24 hours after a further increase.

The course of the pH in LT differed substantially. After the exercise the levels increased significant and dropped back to baseline within 4 hours

4. During the SET and the ST the plasma concentration of inorganic phosphate increased (SET 1: 0.92 ± 0.05 to 1.2 ± 0.07 mmol/l, SET 2: 0.92 ± 0.04 to 1.18 ± 0.08 mmol/l, $p < 0.05$, ST 1: 1.07 ± 0.09 to 1.36 ± 0.13 mmol/l, ST 8: 0.97 ± 0.07 to 1.24 ± 0.07 mmol/l), dropped after 4 hours (SET 1: 0.86 ± 0.17 , SET 2: 0.93 ± 0.08 mmol/l, $p < 0.05$; ST 1: 0.8 ± 0.12 , ST 8: 0.87 ± 0.11 mmol/l, $p < 0.01$) and increased during recovery until 24 hours after exercise again (SET 1: 0.91 ± 0.12 mmol/l, SET 2: 1.01 ± 0.06 mmol, ST 1: 0.99 ± 0.08 , ST 8: 1.03 ± 0.15 mmol/l).

The LT did not reveal any changes in phosphate concentration related to exercise.

5. Both SET revealed a highly significant increase in parathormone plasma levels (SET 1: 9.0 ± 2.6 to 32.2 ± 9.4 pg/ml, SET 2: 8.0 ± 3.6 to 27.6 ± 9.4 pg/ml, $p < 0.01$) and decreased after 4 hours (SET 1: 2.8 ± 2.0 , SET 2: 2.1 ± 1.2 pg/ml) 24 hours after the SET 2 PTH levels reached baseline, while levels remained decreased at this time point after the SET 1. A similar pattern was found in the ST.

Exercise did not have an effect on PTH levels in LT. After 4 hours a profound decrease was measured ($p < 0.05$) followed by an increase after 24 hours, although still below baseline levels.

6. Osteocalcin concentration did not change significantly during the SET 1. Levels decreased during the recovery phase (SET 1: 56 ± 14 to 39 ± 7 ng/ml). In contrast a significant increase was detected during the SET 2 (SET 2: 39 ± 7 to 44 ± 8 ng/ml; $p < 0.05$). Exercise dependent increase was measured during the ST and LT (ST 1: 42 ± 5 to 47 ± 8 ng/ml ($p < 0.05$); ST 8: 39 ± 6 to 42 ± 9 ng/ml, LT 1: 49 ± 9 to 56 ± 13 ng/ml, LT 8: 41 ± 10 to 51 ± 14 ng/ml, $p < 0.01$). Levels dropped during the recovery phase, while ST 8 did not reveal any changes in osteocalcin levels.

VII. Summary

7. **ICTP levels followed a uniform course in SET, LT and ST. Levels increased evidently and dropped below baseline in the recovery phase ($p < 0.05$). In the SET baseline level was not reached after 24 hours although a slight increase in the recovery phase was noticed.**
8. **CK activity changes followed a similar pattern in the different exercise protocols. Levels increased significantly during exercise (SET 1: 50 ± 30 to 99 ± 44 U/l, SET 2: 45 ± 17 to 84 ± 21 U/l) and reached a peak level after 4 hours (SET 1: 165 ± 54 , SET 2: 131 ± 25 U/l).**
9. **During SET, ST and LT AST levels increased significantly and remained constant during recovery.**

The musculoskeletal system seems to be adjusted to strenuous exercise with high capacity in young horses. This contrasts the skeletal system, which is vulnerable to injuries especially at beginning of training.

Markers of bone metabolism can not be used as predictor concerning lameness, but they can reflect dynamic processes in terms of changes in the course of training, especially during the first training periods months.

Further studies are necessary to determine the optimal calcium requirements for young hard working horses and the possible influence of supplementation on the calcium homeostasis.