

Untersuchungen zur Calcium-Homöostase bei der Stute in Abhängigkeit von der Fütterung und während des peripartalen Zeitraumes

R.-P. Schulze¹, C.P. Bartmann¹ und J. Harmeyer²

Klinik für Pferde¹ und Physiologisches Institut², Tierärztliche Hochschule Hannover

Zusammenfassung

Es wurde eine Verlaufsuntersuchung zum Nachweis des prandialen Einflusses auf den Calcium-Stoffwechsel bei vier Stuten und im peripartalen Zeitraum bei 15 Stuten durchgeführt. Dazu wurden in definierten Abständen die für den Calciumstoffwechsel relevanten Plasmagehalte des ionisierten Calciums, des Parathormons und die Aktivitäten der Alkalischen (AP) bzw. der knochenspezifischen Alkalischen Phosphatase (bone-AP) ermittelt.

Dadurch konnte ein erheblicher Einfluss des Fütterungszeitpunktes bzw. der alimentären Calciumversorgung auf die Plasmaspiegel des ionisierten Calciums und vor allem des Parathormons gezeigt werden.

Imbalancen in der Calciumhomöostase konnten sub partu und in der Zeit vom sechsten bis 21. Tag post partum festgestellt werden. Bei sieben von 15 Stuten konnte ein Parathormon-Response sub partu mit einem signifikanten Abfall der Blutplasmakonzentration des ionisierten Calciums am Tag der Abfohlung registriert werden. Sechs von den 15 Stuten wiesen dagegen einen postpartalen Parathormon-Response auf. Klinisch in Erscheinung tretende Hypocalcämien wurden während des gesamten Untersuchungszeitraumes nicht beobachtet. Dennoch muss von einem besonderen Risiko für klinische Hypocalcämien vor allem in diesem Zeitraum ausgegangen werden, wenn Zusatzbelastungen wie Transport, Inanition oder intestinale Kolik auf die Stute einwirken.

Schlüsselwörter: Pferd, Calcium, Hypocalcämie, Parathormon, Alkalische Phosphatase

Investigation into the calcium-homeostasis influenced by food intake and the periparturient period in mares.

In order to investigate the influence of acute food intake and the periparturient period on the metabolism of calcium, a study was performed before and after defined feeds in four mares and during the periparturient period in 15 mares.

For the conduct of the research plasma samples were taken in defined intervals. The content of the plasma of ionized calcium, parathyroid hormone and the activities of the alkaline phosphatase (AP) respectively the bone alkaline phosphatase (bone-AP) were determined.

Thus it was proved that the time of the feed and with it the intake of calcium considerably influences the plasma level of calcium and especially of the parathyroid hormone.

Furthermore, an imbalance in calcium-metabolism in periparturient mares sub partu and from the 6th day to the 21th after foaling could be demonstrated. In seven out of these 15 mares, a significant decrease of the blood plasma concentration of the ionized calcium with a compensatory increase of the parathyroid hormone concentration could be demonstrated on the day of the partus. Six out of the 15 mares showed a parathyroid response post partum.

The clinical appearance of hypocalcaemia was not observed during the whole research period. Nevertheless an increased risk has to be assumed for clinical hypocalcaemia, especially in the time during birth and in the first weeks after birth when additional stress factors like transport, starving or intestinal colic may affect the mare.

Key words: horse, calcium, hypocalcemia, parathyroid hormone, alkaline phosphatase

Einleitung

Obwohl schon viele grundlegende Erkenntnisse über die wesentlichen Mechanismen der Ca-Homöostase bei den unterschiedlichen Tierspezies bestehen, ist die Pathophysiologie des Ca-Stoffwechsels beim Pferd bisweilen unzulänglich erforscht. In der Literatur sind einige Fallberichte von Pferden mit hypocalcaemischen Zuständen beschrieben worden (Baird 1971; Richardson 1991; Schützler 1941; Stiefelhagen 1976). Die Inzidenz für eine klinisch in Erscheinung tretende Hypocalcaemie beim Pferd ist relativ gering, jedoch sind die Symptome oft schwerwiegend.

Die Tiere zeigen eine gesteigerte neuromuskuläre Erregbarkeit und bei der Auskultation läßt sich eine Tachykardie und Tachyarrhythmie feststellen. Spezifische Allgemeinsymptome wie Ek-

lampsie, Kolik- und Vergiftungserscheinungen, Schwitzen, Apathie und schließlich Festliegen werden beobachtet. Ein sehr charakteristisches Symptom ist ein rhythmisches, zwerchfellsynchrones Zucken der Brust- und Bauchmuskulatur (Singultus). Es kann auch zu fibrillären Muskelzuckungen am Kopf-, Hals-, Schulter- und Brustbereich kommen. Oftmals ist ein starker Trismus zu verzeichnen. Erfolgt bei schwerwiegendem Krankheitsverlauf keine Therapie durch Ca-Substitution, kann der Tod schnell eintreten (Baird 1971; Brewer 1982; Schützler 1941; Stiefelhagen 1976).

Dabei kann zwischen einer idiopathischen Hypocalcämie, die beide Geschlechter betrifft, und einer Laktationstetanie der Stute unterschieden werden (Brewer 1982).

Unter den beschriebenen Fällen ist der Anteil der Laktationstetanie bei der Stute recht groß. Dabei tritt die Erkrankung meistens innerhalb der ersten fünf Wochen post partum auf (Richardson 1991; Schützler 1941; Spence 1976; Stiefelhagen 1976). Vereinzelt sind Hypocalcämien der Stute präpartal (Baird 1971) bzw. einige Tage nach dem Absetzen des Fohlens beschrieben worden (Schützler 1941).

Um mehr über die Ca-Homöostase der peripartalen Stute zu erfahren, sollte im Rahmen dieser Arbeit eine Verlaufsuntersuchung durchgeführt werden. Dabei interessierten die für die Laktationstetanie ätiologisch bedeutsamen Parameter im anscheinend besonders gefährdeten peripartalen Zeitraum.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Vorversuches wurde der prandiale Einfluss auf den Calcium- und Parathormonspiegel überprüft. Dazu wurden bei vier auf Späne gehaltenen Stuten vor (nüchtern) und in stündlichen Abständen nach der Fütterung Plasmaproben entnommen, deren Konzentrationen des ionisierten Calciums und des Parathormones bestimmt wurden.

Zur Verlaufsuntersuchung im peripartalen Zeitraum wurden bei 15 hochtragenden Vollblutstuten acht Wochen vor dem errechneten Geburtstermin bis zehn Wochen nach der Abfohlung Plasmaproben gewonnen. Die Entnahmen erfolgten am Tag 56, 42, 28, 21, 14, 10, 8, 6, 4, 2, 1 vor dem errechneten Geburtstermin, am Tage der Abfohlung und am Tag 1, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 21, 28, 42, 56, 70 post partum. Der Entnahmezeitpunkt an den einzelnen Untersuchungstagen war genau fünf Stunden nach der Abendfütterung.

Die Plasmagehalte des ionisierten Calciums ($[Ca^{2+}]_i$), des Gesamtcalciums (Ca), des Parathormones (PTH), des anorganischen Phosphates (P) und die Aktivitäten der alkalischen Phosphatase (AP) bzw. der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase (bone-AP) wurden ermittelt.

Die Bestimmung des intakten Parathormones im Plasma erfolgte durch einen Immunoradiometrischen Assay (IRMA) der Firma IBL (IMMUNO BIOLOGICAL LABORATORIES), Hamburg, bei Verwendung eines humanen PTH Standards. Mit diesem Assay wird das biologisch aktive, vollständige PTH (1–84) erfasst. Als Tracer dienen polyklonale Antikörper der Ziege.

Die Messung der Konzentration des ionisierten Calciums wurde mittels einer ionenselektiven Elektrode in dem automatischen Analysegerät 634 Ca^{2+}/pH Analyser der Firma CHIRON (CIBA CORNING), Fernwald durchgeführt. Die Ergebnisse entsprechen den vom Gerät rechnerisch auf den pH-Wert 7,4 korrigierten Messwerten ($[Ca^{2+}]_i$).

Die Bestimmung des Gesamtcalciums, des anorganischen Phosphates und die Aktivität der alkalischen Phosphatase erfolgte photometrisch mit einem Ektachem DTSC Analysesystem der Firma KODAK DIAGNOSTIK (Deutschland) GmbH.

Zur Messung der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase wurde die von Price et al. (1995) beschriebene Methode angewandt, wobei der zu untersuchenden Probe Weizenkornlectin zugesetzt wurde, um die knochenspezifische alkalische Phosphatase selektiv zu binden.

Statistische Auswertung

Zur Beurteilung der Differenzen von Mittelwerten wurde eine einfaktorische Varianzanalyse mit identischer Wiederholung unter Benutzung des Computerprogrammes Sigma Stat angewendet. Die Gruppenvergleiche wurden mit dem Student-Newman-Keuls Test durchgeführt. Mithilfe des Programms SAS (Statistical Analysis System) wurden Signifikanzen durch Regressionsanalyse und Zusammenhänge durch Korrelationsanalyse nach Pearson überprüft.

Ergebnisse

Vorversuch Fütterungseinfluss

Der prandiale Einfluss auf die wichtigsten den Calciumstoffwechsel bestimmenden Parameter wird im folgenden Abschnitt gezeigt.

Der Gehalt von ionisiertem Calcium im Plasma betrug im nüchternen Zustand durchschnittlich $1,6 \pm 0,08$ mmol/l. Nach der Fütterung kam es zu einem stetigen Anstieg der Plasmakonzentration, wobei nach 1,75 Stunden die Konzentration mit $1,97 \pm 0,1$ mmol/l signifikant ($p < 0,05$) verschieden vom Ausgangswert war. Ein Maximum der Konzentrationen war nach 2,75 Stunden mit $2,06 \pm 0,18$ mmol/l erreicht. Im weiteren Verlauf bestand die Tendenz zur Konzentrationserniedrigung, es kam jedoch zu keinen signifikanten Konzentrationsänderungen (Abb. 1, unten).

Vor der Futteraufnahme betrug die PTH-Konzentration 218 ± 78 ng/l. 0,75 Stunden nach der Fütterung kam es zu einer signifikanten ($p < 0,05$) Absenkung der PTH-Konzentration auf 141 ± 40 ng/l. Nach 1,75 Stunden kam es zu einem erneuten

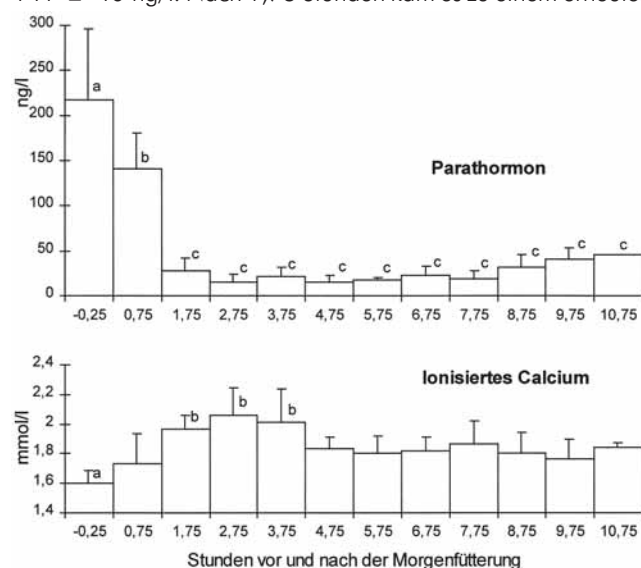


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der Plasmakonzentrationen von Parathormon (PTH) und ionisiertem Calcium ($[Ca^{2+}]_i$) von 0,25 Stunden vor bis 10,75 Stunden nach der Morgenfütterung ($\bar{x} \pm SD$, $n = 4$). Die Konzentrationen mit unterschiedlichen Buchstaben (a - c) innerhalb einer Abbildung sind mit $p < 0,05$ signifikant verschieden voneinander.

Plasma concentration ($\bar{x} \pm SD$, $n = 4$) of parathyroid hormone (PTH) and ionized calcium ($[Ca^{2+}]_i$) 0.25 before up to 10.75 hours after horses have been fed. A significant difference ($p < 0.05$) could be found (a:b; b:c; a:c).

signifikanten ($p < 0,05$) Abfall der PTH-Konzentration auf 27 ± 14 ng/l. Im weiteren Verlauf (1,75 bis 10,75 Stunden) kam es zu keinen signifikanten Änderungen und die Konzentrationen pendelten sich zwischen 4 und 56 ng/l ein (Abb. 1, oben).

Verlaufsuntersuchung

Die Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung bei 15 Stuten im peripartalen Zeitraum werden im folgenden aufgeschlüsselt. Der Verlauf der Mittelwerte der PTH-Konzentrationen von 15 zur Untersuchung herangezogenen Stuten zeigt tendenziell, zu welchen Zeitpunkten eine verstärkte PTH-Sekretion stattfand (Abb. 2). Sub partu lag ein Maximalmittelwert von 53 ± 62 ng/l vor, wobei Einzelwerte bis zu 186 ng/l erreicht wurden. Ein weiteres erhöhtes Konzentrationsniveau war vom sechsten bis 21. Tag post partum zu beobachten. Hier lag die mittlere Konzentration bei 44 ± 56 ng/l. Die basalen PTH-Konzentrationen in den acht Wochen vor der Abfohlung pendelten um ein Mittel von 34 ± 26 ng/l, nach der Abfohlung (vier bis zehn Wochen post partum) lag die PTH-Konzentration bei $21,6 \pm 22,5$ ng/l. Bei der Betrachtung der einzelnen Mittelwerte und den entsprechenden Standardabweichungen fiel auf, dass die Werte an den verschiedenen Entnahmezeitpunkten breit gestreut waren. Aus diesem Grunde musste bei dieser Untersuchungsgruppe auf eine weitere statistische Auswertung verzichtet werden.

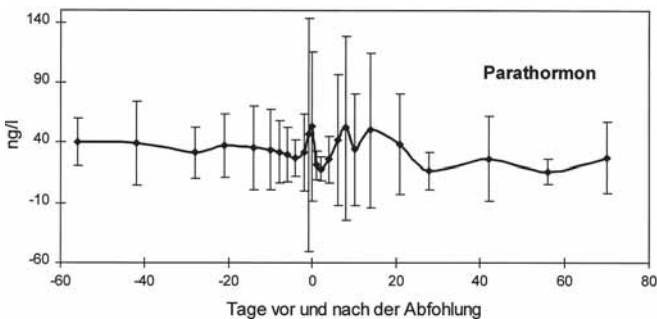


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der mittleren Plasmakonzentrationen des Parathormones (PTH) im Zeitraum von 8 Wochen vor bis 10 Wochen nach der Abfohlung bei 15 Stuten ($x \pm SD$).

Average plasma concentration ($x \pm SD$) of parathyroid hormone (PTH) eight weeks before the anticipated time of birth up to ten weeks after birth.

Bei den PTH-Verläufen der Einzeltiere waren bei fast allen Stuten PTH-Peaks zu individuell unterschiedlichen Zeitpunkten zu beobachten. Um die Verteilung der beobachteten PTH-Peaks im gesamten Untersuchungszeitraum darzustellen, war die Addition der PTH-Konzentrationen an den einzelnen Entnahmezeitpunkten notwendig. So wurden Häufungen der PTH-Peaks während des Untersuchungszeitraumes durch hohe Summen dargestellt. Es ergab sich eine Verlaufskurve, die die Verteilung der PTH-Peaks im gesamten Untersuchungszeitraum verdeutlicht (Abb. 3).

Die größte Häufung der PTH-Peaks war am Tage der Abfohlung zu sehen. Des weiteren waren herausragende Konzentrationen 6, 8, 10 und 14 Tage nach dem Abfohlen zu erkennen. Eine Zweigipfligkeit mit maximalen Werten an den Tagen 8 und 14 wurde in diesem Zeitraum deutlich.

Die zeitlichen Verläufe der Plasma-PTH-Konzentration von den einzelnen Stuten ließen deutlich werden, dass PTH-Peaks in bestimmten Zeiträumen auftreten, so dass vier Gruppen gebildet werden konnten:

- Gruppe I: Stuten mit PTH-Response sub partu (7 Stuten);
- Gruppe II: Stuten mit PTH-Response postpartal (6 Stuten);
- Gruppe III: eine Stute mit PTH-Response präpartal;
- Gruppe IV: eine Stute ohne nennenswerten PTH-Response.

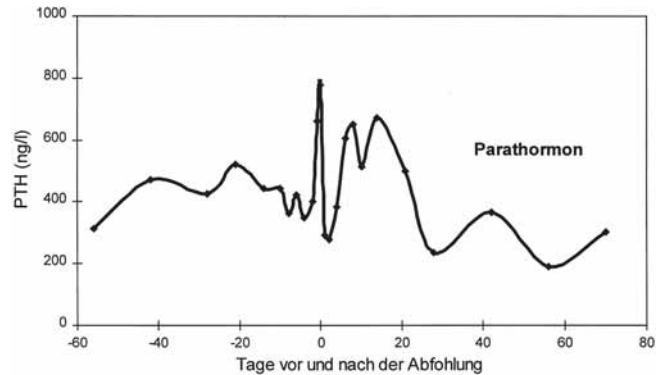


Abb. 3: An einzelnen Entnahmezeitpunkten addierte PTH-Konzentrationen von 15 Stuten vor und nach der Abfohlung.

Added concentration of parathyroid hormone in 15 mares in the periparturient period.

Um für eine Stute der Gruppe I den typischen Verlauf der Konzentrationen von Parathormon (PTH), Gesamtcalcium (Ca) und ionisiertem Calcium ($[Ca^{2+}]$) vor und nach der Abfohlung darzustellen, wurden exemplarisch die Konzentrationsänderungen einer Stute gezeigt (Abb. 4).

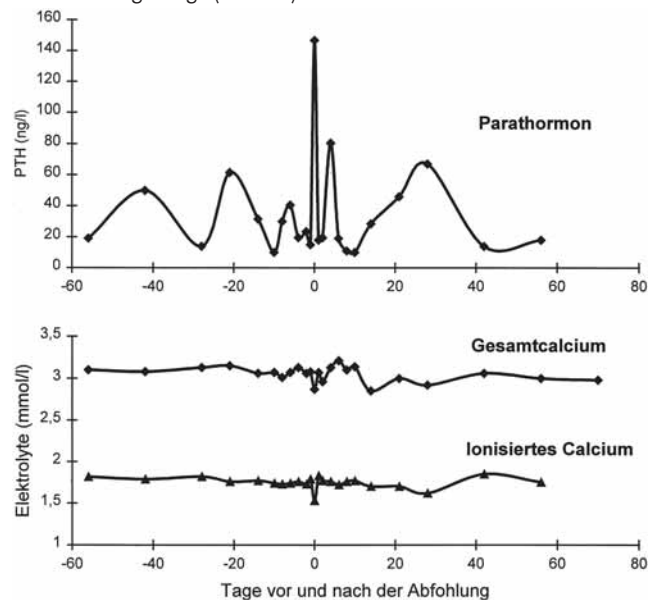


Abb. 4: Für die Gruppe I beispielhafter Verlauf der Plasmakonzentrationen von Parathormon(PTH), Gesamtcalcium (Ca) und ionisiertem Calcium ($[Ca^{2+}]$) bei einer Stute acht Wochen vor bis zehn Wochen nach dem Abfohlen.

Plasma concentrations of parathyroid hormone (PTH), total calcium (Ca) and ionized calcium ($[Ca^{2+}]$) eight weeks before the anticipated time of birth up to ten weeks after birth in one mare of group I.

Ein Absinken der Konzentrationen war sowohl beim ionisierten Calcium (von 1,79 auf 1,53 mmol/l) als auch beim Gesamt-

calcium (von 3,08 auf 2,87 mmol/l) am Tage der Abfohlung zu verzeichnen. Ein ausgeprägter PTH-Peak mit einem Anstieg von 15 auf 147 ng/l konnte am Tag der Geburt beobachtet werden.

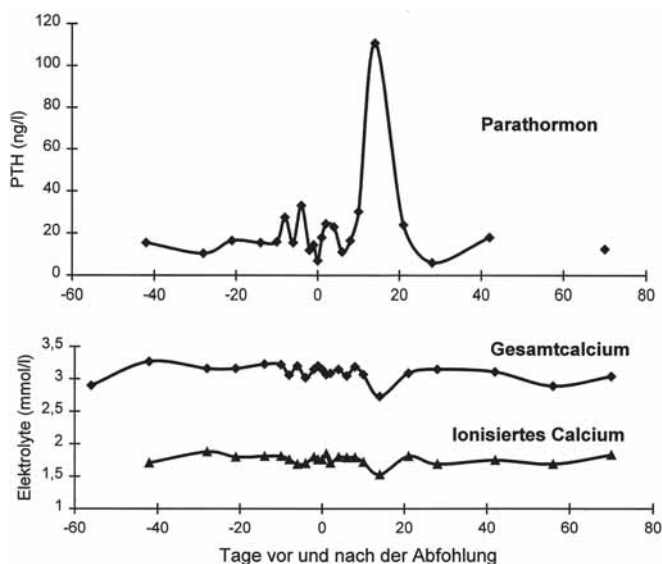


Abb. 5: Für die Gruppe II beispielhafter Verlauf der Plasmakonzentrationen von Parathormon (PTH), Gesamtcalcium (Ca) und ionisiertem Calcium ($[Ca^{2+}]$) bei einer Stute acht Wochen vor bis zehn Wochen nach der Abfohlung.

Plasma concentrations of parathyroid hormone (PTH), total calcium (Ca) and ionized calcium ($[Ca^{2+}]$) eight weeks before the anticipated time of birth up to ten weeks after birth in one mare of group II.

Es wurden exemplarisch für Gruppe II die Konzentrationsänderungen von Parathormon (PTH), Gesamtcalcium (Ca) und ionisiertem Calcium ($[Ca^{2+}]$) vor und nach der Abfohlung einer einzelnen Stute dargestellt, um den typischen Konzentrationsverlauf der in dieser Gruppe zusammengefassten Stuten wiederzugeben (Abb. 5).

Bei dieser Stute waren am Tage 14 post partum Konzentrationsabfälle beim ionisierten Calcium (von 1,72 auf 1,53 mmol/l) und beim Gesamtcalcium (von 3,07 auf 2,73 mmol/l) zu registrieren. Zeitlich korrespondierend war ein PTH-Peak (Konzentrationsanstieg von 30,3 auf 111 ng/l) zu beobachten.

Aktivität der alkalischen Phosphatase bzw. der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase im peripartalen Zeitraum

Der zeitliche Verlauf der Aktivität der alkalischen Phosphatase von 15 Stuten im peripartalen Zeitraum wird in Abb. 6 gezeigt. Die Konzentrationen waren vom 56. bis 21. Tag vor der Abfohlung relativ konstant und streuten um ein Mittel von 151 ± 34 U/l. Ein kontinuierlicher Anstieg der mittleren Aktivität war vom 21. Tag ante partum bis zum zweiten Tag post partum auf ein Maximum von 242 ± 49 U/l zu beobachten. Nach dem Maximum kam es zu einem gleichmäßigen Abfall der Werte bis zu einer Konzentration von 188 ± 45 U/l am 21. Tag post partum. Im Untersuchungszeitraum danach befanden sich die Werte auf einem relativ konstanten Niveau, dessen Mittel 189 ± 50 U/l betrug.

Der Unterschied zwischen der Konzentration am 56. Tag vor der Abfohlung und allen anderen Konzentrationen wurde statistisch geprüft. In dem Zeitraum vom 6. Tag ante partum bis

zum 28. Tag post partum sind die Konzentrationen mit $p < 0,05$ signifikant verschieden von der Ausgangskonzentration am Tag - 56.

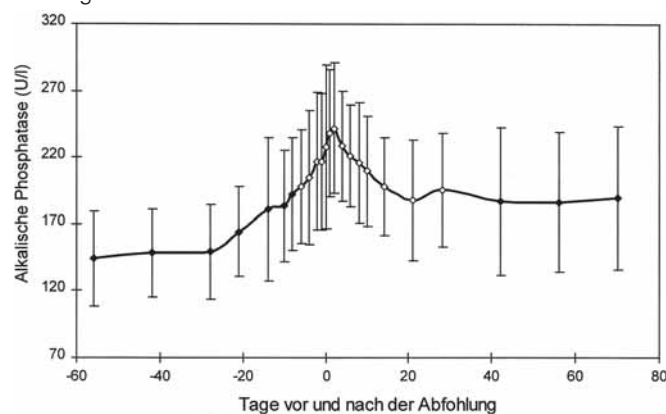


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Aktivität der alkalischen Phosphatase im Plasma bei 15 Stuten im Zeitraum von 8 Wochen vor bis 10 Wochen nach der Abfohlung ($\bar{x} \pm SD$). Offene Symbole: signifikant ($p < 0,05$) verschieden von der Konzentration am Tag - 56.

Plasma activity ($\bar{x} \pm SD$) of the alkaline phosphatase in 15 mares eight weeks before the anticipated time of birth up to ten weeks after birth. Values with white symbols differ significantly ($p < 0.05$) from the concentration found at day -56.

Die Bestimmungen der Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase im Zusammenhang mit der alkalischen Phosphatase von 48 Einzelproben ergab eine lineare Abhängigkeit beider Parameter mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,92$. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die im Rahmen dieser Arbeit festgestellten Aktivitätsänderungen der alkalischen Phosphatase gleichzeitig Aktivitätsänderungen der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase darstellen.

Diskussion

Es besteht ein erheblicher Einfluss des Fütterungszeitpunktes bzw. der alimentären Calciumversorgung auf die Plasmaspiegel des ionisierten Calciums und des Parathormones. Somit ist der Probenentnahmezeitpunkt in Bezug zur Fütterung bei der Interpretation der labordiagnostischen Untersuchungsergebnisse immer zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung im peripartalen Zeitraum zeigen deutlich, dass eine Imbalance der Calciumhomöostase sub partu bzw. in der Zeit von sechs bis 28 Tagen post partum auftritt. Dieses wird ausgedrückt durch erniedrigte Calciumspiegel und kompensatorisch erhöhte Parathormonspiegel (PTH-Response).

Bei der gesamten Untersuchungsgruppe traten während des Untersuchungszeitraumes keine klinischen Symptome einer Hypocalcämie auf. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die gemessenen peripartalen Schwankungen des Calciumspiegels relativ gut kompensiert werden.

Dennoch besteht ein besonderes Risiko für eine klinisch in Erscheinung tretende Hypocalcämie im peripartalen Zeitraum. Eine Entgleisung der Calciumhomöostase kann bei Zusatzbelastungen wie beispielsweise Transportstress, Inanition oder intestina-

ler Kolik eintreten (Richardson 1991; Schützler 1941; Stiefelhagen 1976).

Die in dieser Untersuchung festgestellten Imbalancen der Calciumhomöostase sub partu und sechs bis 28 Tage post partum stimmen zeitlich mit dem Auftreten der in der Literatur beschriebenen Laktationstetanien überein (Richardson 1991; Schützler 1941; Spence 1976; Stiefelhagen 1976).

Der Anstieg der Aktivität der alkalischen Phosphatase bzw. der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase im Plasma zum Zeitpunkt der Abfohlung hin deutet auf eine Demineralisationssituation des Knochengewebes. Erhöhte Werte der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase stellen einen Index für eine kompensatorisch gesteigerte Osteoblastentätigkeit dar (Lauffenburger et al. 1977; Schenk et al. 1980). Dieses ist im Zusammenhang mit der zusätzlichen Belastung des Calciumhaushaltes bei der peripartalen Stute durch das Wachstum der mit weitgehend mineralisiertem Skelett geborenen Frucht zu sehen (Meyer 1995). Ein erheblicher Mehrbedarf an Calcium entsteht auch durch das Einsetzen der Laktation infolge der Mineralstoffausgaben über die Stutenmilch. Dabei liegt der Calciumgehalt in der Stutenmilch im ersten Laktationsmonat am höchsten und fällt dann kontinuierlich ab, so dass trotz steigender Milchmengenleistung der Gesamtbedarf nicht zunimmt (Meyer 1995). Entsprechend wurden temporäre Schwankungen des Calciumhaushaltes und der Parathormonkonzentration im eigenen Untersuchungsgut entweder sub partu oder innerhalb der ersten vier Wochen post partum auffällig.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass vor allem beim Auftreten von peripartalen Erkrankungen mit der beschriebenen Symptomatik immer die Hypocalcämie der Stute differentialdiagnostisch mit einbezogen werden sollte.

Als vorbeugende Maßnahme ist besonders in diesem Zeitraum auf eine angepasste, in konventionellen Rationen oft nicht ausreichende alimentäre Mineralstoffversorgung und darunter gerade Calciumversorgung entsprechend beschriebener Rationsgestaltungen (GFE 1994; Meyer 1995) zu achten.

Literatur

- Baird, J. D. (1971): Lactation tetany (eclampsia) in a shetland pony mare. *Austr. Vet. J.* 47, 402–404
- Brewer, B.D. (1982): Disorders of equine calcium metabolism. *Compend. Cont. Ed. Pract. Vet.* 1, 244–253
- GFE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1994): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung des Pferdes. DLG-Verlag, Frankfurt
- Lauffenburger, T., A. J. Olah, M. A. Dambacher, J. Guncaga, C. Lentner und H. G. Haar (1977): Bone remodelling and calcium metabolism: a correlated histomorphometric, calcium kinetic, and biochemical study in patients with osteoporosis and Paget's disease. *Metabolism* 26, 589
- Meyer, H. (1995): Pferdefütterung. Verlag Blackwell, Berlin, Wien
- Price, J. S., B. Jackson, R. Eastell, A. E. Goodship, A. Blumsohn, I. Wright, S. Stoneham, L. E. Lanyon und R.G. G. Russell (1995): Age related changes in biochemical markers of bone metabolism in horses. *Equine vet. J.* 27, 201–207
- Richardson, J. D., L. J. Harrison und G.B. Edwards (1991): Two horses with hypocalcaemia. *Vet. Rec.* 129, 98
- Schenk, R. K., und A. J. Olah (1980): Histomorphometrie. In: Kühlen-cordt, F., H. Bartelheimer (Hrsg.): *Handbuch der inneren Medizin.* Bd. VI/1A: Knochen, Gelenke, Muskeln. Verlag Springer, Berlin, 437
- Schützler, G. (1941): Tetanie bei Fohlenstuten. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 30, 362
- Spence, S. A. (1978): A case of suspected hypocalcaemia in the mare. *Aust. Vet. J.* 54, 407–408
- Stiefelhagen, W. (1976): Tetanie bei einer Welshponystute - ein Praxisbericht. *Praktische Tierarzt* 6, 358

Dr. Rolf-Peter Schulze

Dr. Claus Peter Bartmann

Klinik für Pferde

Tierärztliche Hochschule Hannover

Bischofsholer Damm 15

D-30173 Hannover

Tel.: 0511-8567233

Fax: 0511-8567688