

# Veränderungen der Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumspiegel während der Trächtigkeit und Früh-laktation bei Holsteiner Stuten

Maja Zdelar Tuk, Zvonko Stojevic, Jasna Pirslijin, Suzana Milinkovic Tur und Blanka Beer Ljubic

Institut für Physiologie und Radiologie, Tierärztliche Fakultät der Universität Zagreb, Kroatien

## Zusammenfassung

In vorliegender Untersuchung sollten die Veränderungen der Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumkonzentrationen im Blutplasma Holsteiner Stuten im Laufe verschiedener Trächtigkeitsstadien und während der Früh-laktation überprüft werden. Für die Untersuchung wurden 6 Holsteiner Stuten im Alter von 5 bis 10 Jahren herangezogen. Die Tiere wurden im Stall mit Auslauf, im Frühling und Sommer auf der Weide gehalten. Blut wurde durch Punktion der Halsvene (V. jugularis) entnommen, und zwar im ersten Trächtigkeitsdrittel (bis zur 15. Woche), im zweiten Trächtigkeitsdrittel (von der 16. bis zur 30. Woche) im dritten Trächtigkeitsdrittel (von der 31. Woche bis zum Partus) sowie im ersten Laktationsmonat. Das Blut wurde heparinisiert, zentrifugiert (1500 g/15 min) und im Plasma die Konzentrationen der genannten Mineralstoffe spektrophotometrisch bestimmt. Folgende Ergebnisse wurden erzielt (in mmol/L): Die Kalziumwerte waren im zweiten Drittel der Trächtigkeit signifikant niedriger als zu den übrigen Entnahmezeiten, während in der Hochträchtigkeit die signifikant höchsten Werte beobachtet wurden. Umgekehrt zum Kalzium lag der anorganische Phosphor vor der Geburt signifikant am tiefsten, im 2. Drittel der Graviddität dagegen signifikant am höchsten. Ähnlich wie beim Kalzium erreichten die Magnesiumwerte vor der Geburt ein Maximum (signifikant gegenüber den vorherigen und nachfolgenden Werten). Aus den Ergebnissen geht hervor, dass bei Stuten während Trächtigkeit und Früh-laktation Veränderungen der Mineralstoffkonzentrationen im Blutplasma vorkommen, die vermutlich mit Umsetzungen im Organismus der Stute und Frucht im Zusammenhang stehen.

**Schlüsselwörter:** Kalzium, Phosphor, Magnesium, Blutplasma, Stute, Trächtigkeit, Laktation

## Changes of calcium, phosphorus and magnesium in the blood plasma of holstein mares during gravidity and early lactation

High productivity in domestic animals, particularly gravidity, cause an additional metabolic encumbrance. During the gravidity, especially in its end and during the period of lactation, in the process of the change of substances there has been noticed an increased need for minerals both as building elements and the originators of a whole sequence of metabolic systems which are considered the parts of enzymes. The research has been made on six Holstein breed mares aging from 5 to 10 years. During the gravidity and in the early lactation the blood for analysis was taken for three times by venepuncture performed on the jugular vein with heparin as antikoagulant. The blood was taken on three occasions during the gravidity: within the first third of gravidity (till 15th week), the second third of gravidity (between 16th and 30th week) and the last trimester (from 31st week till a foaling). The last sampling was during early lactation. The blood plasma was separated by centrifugation at 1500g for 15 minutes. The concentration of the minerals in blood plasma has been determined spectrophotometrically with a commercial set. Plasma calcium concentration decreased significantly ( $p < 0,05$ ) during second trimester of the gravidity in comparison with the first and third trimester. But, during the last third of the gravidity the concentration of calcium increased significantly ( $p < 0,05$ ) comparing to the results obtained in the first and fourth period of experiment. The concentration of phosphorus in blood plasma of the mares in the high stage of gravidity and in the beginning of lactation was significantly lower compared with the beginning of the gravidity ( $p < 0,05$ ), while during the second trimester significant increase of concentration was noticed ( $p < 0,05$ ) in comparison to third and fourth trimester. During the first trimester of gravidity, magnesium concentration was significantly higher than those measured at the early lactation period ( $p < 0,05$ ). Comparing to the previous observation, the last trimester was characterized by the significant increase, in consideration of the second and fourth experimental periods ( $p < 0,05$ ). According to the results of research the changes of the concentration of minerals in blood plasma during the period of gravidity and early lactation are closely connected with the metabolic processes which develop during the observation period and with their role in a metabolic process.

**Keywords:** calcium, phosphorus, magnesium, blood plasma, mare, gravidity, lactation

## Einleitung

Die Veränderungen der Plasmaspiegel verschiedener Mineralstoffe hängen von einer ganzen Reihe an Faktoren, wie Trächtigkeit, Geburt, Laktation, Alter, Rasse, Jahreszeit, Ernährungs- und Haltungsart der Tiere sowie eventuell pathologischen Veränderungen im Organismus ab (Lane et al. 1968; McAdam und O'Dell 1982).

Graviddität und Laktogenese aktivieren den Kalziumstoffwechsel. Dabei wird Kalzium durch erhöhte Resorption aus dem Verdauungssystem, zum Teil auch dem Knochengewebe mobilisiert (Bigras-Poulin und Tremblay 1998). Dadurch kann seine physiologische Konzentration im Blut und in anderen Geweben weitgehend aufrechterhalten werden (Gabri? und Bajan 1983; Hays und Swenson 1993). Konzentration und

Ausscheidung von Kalzium und Phosphor werden hormonell gesteuert. Die Kalzium- und Phosphormengen in der Extrazellulärflüssigkeit, sind aber auch von den im Darm resorbierten und im Harn ausgeschiedenen Mengen abhängig (Rosol und Capen 1997).

Im Organismus ist Phosphor ein wichtiges Bauelement, spielt jedoch eine große Rolle in zellulären Stoffwechselprozessen und dient auch als Puffer in Körperflüssigkeiten (Hays und Swenson 1993). Der Phosphorplasmaspiegel steht im umgekehrten Verhältnis zu der Kalziumkonzentration im Blut (Hays und Swenson 1993).

Der Magnesiumhaushalt wird durch die Resorption aus dem Verdauungssystem und durch die Ausscheidung durch die Nieren geregelt. Es besteht keine primäre hormonelle Regulierung des Magnesiumplasmaspiegels. Deshalb kann seine Konzentrationen im Blut zur Überprüfung der Versorgung dienen (Payne und Payne 1987; Rosol und Capen 1997). Die Veränderungen der Magnesiumkonzentration im Stutenblut während der Trächtigkeit und Laktation wurden von Doreau et al. (1981 b), Romo et al. (1991) untersucht.

Der Einfluss von Trächtigkeit und Frühlaktation auf die Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumkonzentrationen im Blutplasma wurde bisher kaum beachtet. Bisherige Untersuchungen beziehen sich entweder auf andere Tierarten oder auf eine andere als die hier untersuchte Pferderasse oder sie umfassten nicht die gesamte Trächtigkeit. Aus diesem Grund sollten die Veränderungen der genannten Mineralstoffe im Blutplasma Holsteiner Stuten im Laufe verschiedener Graviditätsstadien und während der Frühlaktation untersucht werden.

## Material und Methoden

In die Untersuchung wurden 6 Holsteiner Stuten im Alter von 5 bis 10 Jahren einbezogen. Die Tiere wurden im Stall mit Auslauf gehalten. Sie erhielten ein für trächtige Stuten dieser Rasse übliches Futter: zweimal täglich Heu mit Hafer, wie auch einen Futterzusatz mit Proteinen, Zink, Mangan, Jod, Selen und Kobalt. Dazu stand ihnen ständig der Leckstein Biosaxon (Solinen, Österreich) mit folgender Zusammensetzung: Na 35%, Ca 1,4%, P 1,2%, Mg 0,3% zur Verfügung. Zeitweilig erhielten sie den Vitaminzusatz Muvisel<sup>®</sup>, «Pliva d.d.», Zagreb, Kroatien. Frühling und Sommer verbrachten die Stuten auf der Weide und ernährten sich hauptsächlich mit frischen Weidepflanzen.

Während der Untersuchung wurden 4 Zeitabschnitte beobachtet: erster Abschnitt von der 0. bis zur 15. Trächtigkeitswoche, zweiter von der 16. bis zur 30. Trächtigkeitswoche, dritter von der 31. Trächtigkeitswoche bis zum Partus und der vierte Abschnitt von der Geburt bis zum Ende des ersten Laktationsmonats.

Das zu analysierende Blut wurde jeweils gegen Mitte der untersuchten Zeitabschnitte, also drei Mal während der Trächtigkeit und ein Mal im ersten Laktationsmonat, durch Punktion der Halsvene (V. jugularis) entnommen. Das heparinisierte Blut wurde im Labor zentrifugiert (1500 g/15 min) und im so gewonnenen Blutplasma wurden Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumkonzentrationen spektrophotometrisch bestimmt, u.zw. mit dem Gerät Cecil 9000 (Cecil instruments

limited, Milton technical centre, Cambridge CB4 6AZ) unter Benutzung entsprechender Kitts der Firma «Herbos dijagnostika d. o. o.», Sisak, Kroatien.

Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet (Mittelwert, Standardabweichung, Standardfehler, Variationskoeffizient) und die Signifikanz der Unterschiede zwischen einzelnen Zeitabschnitten mit dem statistischen Referenzprogramm SAS, Version 8 überprüft. Die Phosphor- und Magnesiumwerte in den einzelnen Zeitabschnitten wurden mittels Tukey-Test und die Kalziumwerte mittels Wilcoxon-Test miteinander verglichen.

## Ergebnisse

Die Mittelwerte der Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumkonzentrationen während drei Zeitabschnitten der Trächtigkeit und in der Frühlaktation sind auf den Abbildungen 1-3 dargestellt.

Während der Trächtigkeit und Frühlaktation wurden die niedrigsten Kalziumspiegel  $2,04 \pm 0,05$  mmol/L im zweiten Drittel der Trächtigkeit festgestellt. Sie lagen signifikant niedriger ( $p < 0,05$ ) als die im ersten ( $2,97 \pm 0,42$  mmol/L) oder dritten Drittel der Trächtigkeit ( $4,79 \pm 1,16$  mmol/L) sowie im ersten Laktationsmonat verzeichneten Mittelwerte ( $2,78 \pm 0,52$  mmol/L). Die höchste statistisch signifikante Kalziumkonzentration im Blutplasma der Stuten im Vergleich mit dem ersten und zweiten Drittel der Trächtigkeit und der Frühlaktation wurde im dritten Drittel der Trächtigkeit festgestellt ( $p < 0,05$ ).

Während der Trächtigkeit und Frühlaktation konnten auch statistisch signifikante Unterschiede der Phosphorkonzentrationen im Blutplasma der Stuten zwischen den untersuchten Zeitabschnitten verzeichnet werden. Die niedrigsten Phosphorspiegel wurden im dritten Drittel der Trächtigkeit festgestellt ( $0,68 \pm 0,16$  mmol/L), als sie signifikant niedriger waren als im ersten ( $1,63 \pm 0,34$  mmol/L) und im zweiten Drittel der Trächtigkeit. Die höchste Phosphorkonzentration von  $1,98 \pm 0,30$  mmol/L wurde im zweiten Trächtigkeitstritttel beobachtet. Diese Werte lagen signifikant höher ( $p < 0,05$ ) als im dritten Trächtigkeitstritttel und in der Frühlaktation ( $0,91 \pm 0,53$  mmol/L).

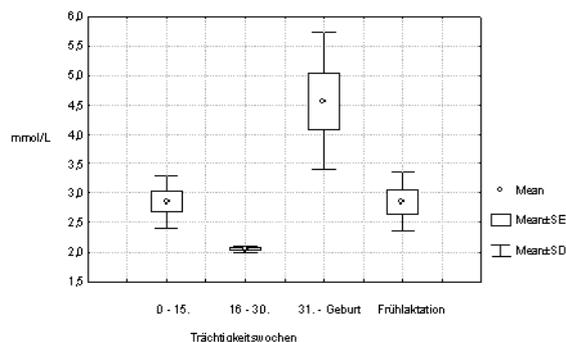
Die durchschnittlichen Magnesiumkonzentrationen im Blutplasma der Stuten im ersten Drittel der Trächtigkeit lagen mit  $0,92 \pm 0,16$  mmol/L signifikant höher als im ersten Laktationsmonat ( $p < 0,05$ ). Die höchsten Magnesiumkonzentrationen von  $1,01 \pm 0,25$  mmol/L wurden im dritten Trächtigkeitstritttel festgestellt. Sie waren signifikant höher ( $p < 0,05$ ) als die im zweiten Drittel der Trächtigkeit ( $0,70 \pm 0,05$  mmol/L) und im ersten Laktationsmonat verzeichneten Konzentrationen ( $0,62 \pm 0,12$  mmol/L).

## Diskussion

Während des Reproduktionszyklus kommt es zu zahlreichen Veränderungen der Stoffwechselprozesse, die das Muttertier, die Frucht und das Neugeborene betreffen. Während der Hochträchtigkeit und am Anfang der Laktation besteht ein erhöhter Bedarf an Mineralstoffen. Wenn die Retention

(Gravidität) oder Exkretion (Laktation) die absorbierte Menge übersteigt und die internen Regulationsmöglichkeiten überfordert werden, kann es zu Fehlgeburten, Verminderung des Geburtsgewichts und der Vitalität der Neugeborenen kommen, evtl. auch zu einer hypokalzämischen Tetanie.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung geht hervor, dass die Kalziumkonzentrationen im Stutenplasma während einzelner Trächtigkeitsperioden und der Frühlaktation stark variieren (Abb.1).



**Abb 1** Kalziumkonzentrationen im Stutenplasma während der Trächtigkeit und Frühlaktation (mmol/L).  
Calcium concentration in mare's plasma during gravidity and early lactation (mmol/L).

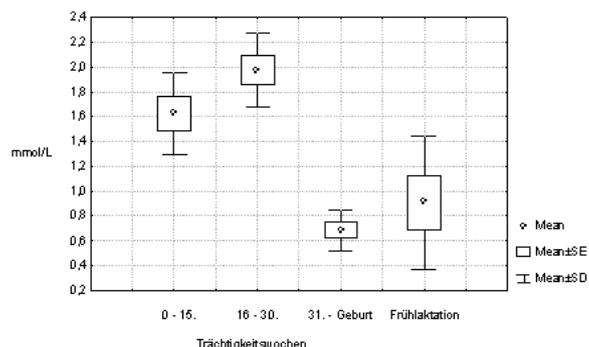
In der Tendenz stimmen die eigenen Ergebnisse mit den von Herak et al. (1994) erreichten Resultaten überein, die bei Stuten – ebenso wie bei Kühen Herak (1965) – ebenfalls eine Erhöhung der Kalziumkonzentrationen im Laufe der Trächtigkeit mit höchsten Werten im dritten Trächtigkeitsdrittel feststellen konnten. Diese Veränderung schreiben die Autoren der Wirkung von Östrogen zu, dessen Blutspiegel sich ab dem 120. Trächtigkeitstag bis zur Geburt ständig erhöht, mit höchsten Konzentrationen am 210. Trächtigkeitstag. Zu diesem Zeitpunkt wurden von uns die höchsten Kalziumspiegel beobachtet.

Der Anstieg der Kalziumspiegel könnte mit dem hohen Kalziumbedarf für die Skelettbildung der Frucht in Zusammenhang stehen (Arthur et al. 1996). Die höchste Kalziumeinlagerung im Skelett der Frucht erfolgt im 10. Trächtigungsmonat (38%), und vermindert sich im letzten Trächtigungsmonat (Meyer und Ahlswede 1976).

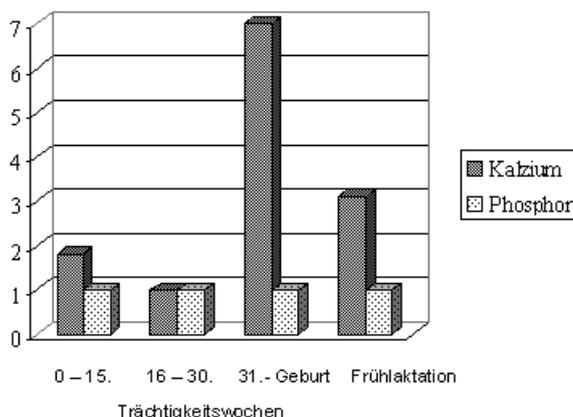
Nach der Geburt und zu Beginn der Laktation wurde in unserer Untersuchung eine Verminderung der Kalziumkonzentrationen im Blutplasma der Stuten beobachtet, ähnlich wie bei Kühen (McAdam und O'Dell 1982).

In der vorliegenden Untersuchung wiesen auch die Phosphorkonzentrationen im Stutenplasma statistisch signifikante Unterschiede während einzelner Trächtigkeitsperioden und der Frühlaktation auf (Abb. 2). Auffallend war die starke Reduktion des Phosphorspiegels vor der Geburt (Rückgang auf ein Drittel der vorherigen Werte), die mit der starken Einlagerung in Zusammenhang stehen könnte (Meyer und Ahlswede 1976). Die Phosphorkonzentrationen stiegen zwar zu Beginn der Laktation etwas an, die Werte erreichten jedoch nicht jene zu Beginn der Trächtigkeit, was auch von

Romo et al. (1991) beobachtet wurde. Die Phosphorkonzentrationen bewegten sich während der Untersuchungsperioden im umgekehrten Verhältnis zu den Kalziumkonzentrationen (Abb. 3).



**Abb 2** Phosphorkonzentrationen im Stutenplasma während der Trächtigkeit und Frühlaktation (mmol/L)  
Phosphorus concentration in mare's plasma during gravidity and early lactation (mmol/L)

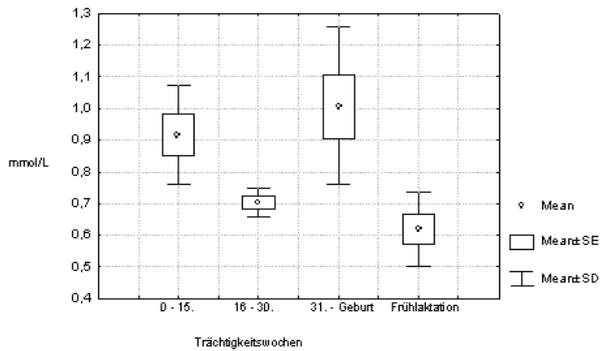


**Abb 3** Kalzium : Phosphor-Verhältnis im Stutenplasma während der Trächtigkeit und Frühlaktation.  
Calcium-phosphorus ratio in mare's plasma during gravidity and early lactation.

Aus den Untersuchungen von Lane et al. (1968) und Herak et al. (1994) geht hervor, dass die Phosphorkonzentrationen im Serum der Stuten im ersten Trächtigkeitsdrittel unter den bei nicht trächtigen Stuten festgestellten Konzentrationen lagen. Im zweiten Trächtigkeitsdrittel erhöhten sich jedoch die Phosphorspiegel, was teilweise mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung im Einklang steht. Die genannten Autoren konnten jedoch die höchsten Phosphorkonzentrationen im letzten Trächtigkeitsdrittel verzeichnen, was im Gegensatz zu unseren Ergebnissen steht. Sie waren der Meinung, dies stehe mit Übergang von Phosphor aus dem Blut des Muttertieres in die Frucht im Zusammenhang.

Rook et al. (1997) konnten in ihren an Stuten durchgeführten Untersuchungen ab der Mitte der Trächtigkeit bis zur Geburt und während den ersten 7 Tagen der Laktation keine wesentlichen Veränderungen der Phosphorspiegel feststellen, ähnlich wie Doreau et al. (1981 a), die bei Stuten eine gleichmäßige Phosphorkonzentration einen Monat vor der Geburt und 5 Wochen nach Laktationsbeginn verzeichneten.

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchung deuten an, dass im Laufe des letzten Drittels der Trächtigkeit die Phosphorversorgung durch das Futter wahrscheinlich unzureichend war. Das



**Abb 4** Magnesiumkonzentrationen im Stutenplasma während der Trächtigkeit und Frühlaktation (mmol/L).  
Magnesium concentration in mare's plasma during gravidity and early lactation (mmol/L).

könnte dadurch verursacht sein, dass die Stuten zu dieser Zeit (Spätherbst und Winter) nicht mehr auf der Weide weilten und im Stall wahrscheinlich Futter mit unzureichendem Phosphorgehalt erhielten. McAdam und O'Dell (1982) schreiben die Senkung der Phosphorspiegel im Plasma von Rindern unmittelbar vor der Geburt ebenfalls einem erheblichen Phosphormangel im Futter zu.

Die Magnesiumkonzentrationen zeigten während der gesamten vorliegenden Untersuchung statistisch signifikante Unterschiede während der Trächtigkeit und der Zeit nach der Geburt. Im letzten Trächtigkeitsdrittel werden die höchsten Magnesiummengen in den Organismus des Fohlens eingelagert (Meyer und Ahlswede 1976).

Nach der Geburt fiel die Magnesiumkonzentration im Vergleich zu den übrigen Untersuchungsabschnitten statistisch signifikant ab (Abb. 4). Von ähnlichen Resultaten berichten auch Romo et al. (1991) sowie Doreau et al. (1981 b), die die niedrigsten Magnesiumspiegel im ersten Laktationsmonat feststellen konnten.

Die tiefen Magnesiumwerte post Partum können auf der Magnesiumausscheidung mit der Milch (etwa 3-6 mg/kg KG/d) beruhen. Obwohl 60% des insgesamt im Körper enthaltenen Magnesiums im Skelett eingelagert sind, können erwachsene Tiere bei unzureichender Versorgung ziemlich schwer und nur langsam Magnesium aus den Knochen mobilisieren. Im Laufe ihrer dreijährigen Untersuchungen stellten Gromadzka-Ostrowska et al. (1985) fest, dass die Erhaltung der Magnesiumkonzentration im Pferdeplasma von einer ausgeglichenen Resorption abhängig ist.

## Literatur

Arthur G. H., Noakes D. E., Paerson H. und Parkinson T. J. (1996): Veterinary Reproduction and Obstetrics, Saunders Company Limited, London, Toronto, Sydney, Tokyo

Bigras-Poulin M. A. und Tremblay A. (1998): An epidemiological study of calcium metabolism in non-pareptic postparturient Holstein cows. *Prev. Vet. Med.* 35, 195-207

Doreau M., Martin-Rosset W. und Barlet J. P. (1981 a): Variations de quelques constituants plasmatiques chez la jument allaitante en fin de gestation et debut de lactation. *Ann. Rech. Vet.* 12, 219 - 225

Doreau M., Martin-Rosset W. und Barlet J. P. (1981 b): Variations au cours de la journee des teneurs en certains constituants plasmatiques chez la jument pouliniere. *Reproduction, Nutrition, Developpement.* 21, 1-17

Gabri J. und L. Bajan (1983): Mineral levels of the arterial and venous blood in cows. *Vet. Med. (Praha)* 28, 321-327

Gromadzka-Ostrowska J., Zalewska B., Jakubow K. und Gozinski H. (1985): Three-year study on trace mineral concentration in the blood plasma of shetland pony mares. *Comp. Biochem. Physiol.* A, 3, 651-660

Hays W. V. und Swenson J. M. (1993): Minerals and bones. In: *Dukes Physiology of Domestic Animals*, chapter 29, pp. 517-535, Cornell University press/ Ithaca and London.

Herak Melita und Herak M. (1965): Promjene kolicine kalcija u krvnom serumu majke i ploda te u fetalnim tekucinama govoda tokom graviditeta. *Vet. arhiv* 1/2, 21-28

Herak Melita, Herak M., Sukalic M., Tomaskovic A. und Premzl B. (1994): Promjene kalcija, fosfora i ukupnih bjelancevina u krvi kobila tijekom graviditeta. *Znan. prak. poljopr. tehnol.* 24, 209-214

Lane A. G., Campbell J. R. und Krause G. F. (1968): Blood mineral composition in ruminants. *J. Anim. Sci.* 27, 766-70

McAdam P. A. und O'dell G. D. (1982): Mineral profile of blood plasma of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 65, 1219-1226

Meyer H. und Ahlswede L. (1976): Über das intrauterine Wachstum und die Körperzusammensetzung von Fohlen sowie den Nährstoffbedarf tragender Stuten. *Übers. Tierernährg.* 4, 263-292

Mikulec K., Rako A., Vinovski Z. und Karadjole I. (1975): Promet kalcija i anorganskog fosfora u krvnom serumu i u mlijeku crno sarih krava u tijeku laktacije. *Vet. Arhiv* 45, 133-146

Payne J. M. und Payne S. (1987): *The metabolic Profile Test*. Oxford University Press

Romo G. A., Kellems R. O., Powell K. und Wallentine M. V. (1991): Some blood minerals and hormones in cows fed variable mineral levels and ionic balance. *J. Dairy Sci.* 74, 3068- 3077

Rook J. S., Braselton W. E., Nachreiner R. F., Lloyd J. W., Shea M. E., Shell J. E. und Hitzler P. R. (1997): Multi-element assay of mammary secretions and sera from periparturient mares by inductively coupled argon plasma emission spectroscopy. *Am. J. Vet. Res.* 58, 376-378

Rosol T. J. und Capen C. C. (1997): Calcium-Regulating Hormones and Diseases of abnormal Mineral (Calcium, Phosphorus, Magnesium) Metabolism. In: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Edited by J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss, Academic press, 5th edition London, New York, Tokio

Surynek J., Illek J. und Tomsik F. (1978): The levels of various mineral substances in the blood plasma of bovine fetuses and their mothers in the third trimester of pregnancy. *Vet. Med. (Praha)* 23, 385-390

MSC Maja Zdelar-Tuk, DVM  
Institut für Physiologie, Tierärztliche Fakultät,  
Universität in Zagreb, Heinzelova 55,  
10 000 Zagreb, Kroatien  
mzdelar@vef.hr