

# Evolution comparée de quelques paramètres minéraux, de l'ostéocalcine, du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D chez la chamelle du Sud marocain et son chamelon nouveau-né

M. El Khasmi <sup>1</sup> F. Riad <sup>1</sup> A. Safwate <sup>1</sup>  
M. Bengoumi <sup>2</sup> K. Hidane <sup>3</sup> M.J. Davicco <sup>4</sup>  
V. Coxam <sup>4</sup> B. Faye <sup>5</sup> J.P. Barlet <sup>4</sup>

## Mots-clés

Dromadaire - Animal allaitant - Animal nouveau-né - Plasma sanguin - Maroc.

## Résumé

Dans cette étude a été établie une cinétique d'évolution post-partum des taux plasmatiques de quelques paramètres minéraux (Ca, P, Mg, Na et K), d'ostéocalcine, du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D, chez la chamelle en lactation du Sud marocain (n = 5) et chez son nouveau-né (n = 5). Les taux plasmatiques de Ca et de P (mg/l) chez le chamelon ont été supérieurs à ceux de la mère, depuis la naissance jusqu'au 30<sup>e</sup> jour de vie. A la naissance, les taux plasmatiques de Mg, Na et K (mg/l) chez le chamelon ont été inférieurs aux valeurs maternelles. Chez le chamelon, les taux plasmatiques d'OC (ng/ml) ont été plus élevés que ceux de la mère depuis la naissance (3,4 ± 0,3 vs 0,7 ± 0,3; P < 0,05) jusqu'au 30<sup>e</sup> jour postnatal (5,2 ± 0,5 vs 0,7 ± 0,3). Ces taux ont atteint leur maximum au 3<sup>e</sup> jour postnatal chez le chamelon (6,8 ± 0,5) et au 4<sup>e</sup> jour post-partum chez la chamelle (2,3 ± 0,4). Les concentrations plasmatiques (pg/ml) du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D chez le chamelon nouveau-né ont été plus faibles à la naissance que celles de la mère (respectivement 58,2 ± 12,4 vs 480 ± 59,7, P < 0,05, et 834,8 ± 61,5 vs 1 301 ± 209, P < 0,05). Ces concentrations néonatales sont devenues significativement plus élevées comparativement à la mère dès le 15<sup>e</sup> jour postnatal pour le 25(OH)D (176,4 ± 19,6 vs 116,1 ± 30,4, P < 0,05) et dès le 7<sup>e</sup> jour de vie pour le 1,25(OH)<sub>2</sub>D (1 215 ± 248 vs 571 ± 64, P < 0,05). Ces résultats indiquent que, chez le dromadaire, l'OC pourrait être un biomarqueur fiable de la croissance osseuse néonatale et que les 25(OH)D et 1,25(OH)<sub>2</sub>D pourraient jouer un rôle prépondérant dans la régulation de l'homéostasie calcique chez le nouveau-né et chez la mère en lactation.

## ■ INTRODUCTION

Chez les ruminants domestiques, la fin de la gestation et le déclenchement de la lactation correspondent à des périodes où les besoins en calcium et en phosphore occasionnés par la minéralisation du

squelette fœtal et l'excrétion mammaire sont intenses. Le 25 hydroxycholecalciférol (25-(OH)D) et le 1,25-dihydroxycholecalciférol (1,25-(OH)<sub>2</sub>D) (2, 3) sont connus pour être des métabolites de la vitamine D stimulant l'absorption intestinale du calcium et jouant un rôle prépondérant dans la régulation de la croissance osseuse. Selon Delmas (13), l'ostéocalcine (OC) est un marqueur biochimique fiable de l'activité ostéoblastique et ses taux sériques sont parfaitement corrélés avec la vitesse du remodelage osseux (7).

Cette étude est une investigation sur les biomarqueurs de la croissance osseuse ; elle a été conduite en établissant une cinétique d'évolution des minéraux (Ca, P, Mg, Na et K), d'OC, du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D, depuis la parturition jusqu'au 30<sup>e</sup> jour, dans le plasma de la chamelle allaitante et de son chamelon nouveau-né.

1. UR Hormones et métabolisme chez le dromadaire, Département de biologie, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II Mohammedia, Casablanca, Maroc

2. Iav Hassan II, Rabat, Maroc

3. Dpa, Service vétérinaire, Laâyoune Sahara, Maroc

4. Inra Clermont - Theix, France

5. Cirad-emvt, Montpellier, France

## ■ MATERIEL ET METHODES

L'étude a été conduite sur cinq chamelles en lactation et leurs nouveau-nés. Ces animaux (*Camelus dromedarius*) appartenaient à la station d'élevage camelin de Laâyoune (Sud marocain à 1 500 km de Casablanca) et étaient en bon état sanitaire au moment de l'expérimentation. Agés de 9 ans, les animaux pesaient  $300 \pm 29$  kg et étaient en 3<sup>e</sup> lactation. Ils recevaient quotidiennement un mélange de foin de légumineuses et de concentré à base de céréales leur assurant une ingestion journalière de 5 g de Na, 25 g de K, 35 g de Ca et 10 g de P. Un traitement antiparasitaire bisannuel régulier a été administré. Les prises de sang, réalisées par ponction de la jugulaire externe, ont été effectuées à heure fixe (9 h) conjointement chez la mère et son nouveau-né aux stades 0 h, 24 h, 48 h, 3 j, 4 j, 6 j, 7 j, 10 j, 15 j et 30 j post-partum. Chaque prélèvement sanguin a été recueilli dans un tube hépariné recevant 10  $\mu$ l d'iniprol (laboratoires Choay, Gentilly, France; 500 KUI/ml). Les échantillons ont ensuite été immédiatement placés dans un bain de glace. Après centrifugation à 3 500 g pendant 10 min, les plasmas ont été recueillis et congelés à -20 °C jusqu'aux dosages ultérieurs.

Na et K ont été dosés par spectrophotométrie de flamme après dilution dans une solution de chlorure de césium. Ca et Mg ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique à la suite d'une dilution au lanthane. Les phosphates ont été mesurés par colorimétrie (Kit Biotrol; Phosphore monoréactif, Biotrol, Paris, France). Les concentrations plasmatiques 25(OH)D et 1,25(OH)<sub>2</sub>D, ont été mesurées par dosage par radiorécepteur (25-hydroxyvitamin D <sup>3</sup>H RRA Kit ; 1,25dihydroxy vitamin D <sup>3</sup>H RRA Kit; Dia - Sorin, Stillwater, MN, USA) (25). Dans les conditions expérimentales de dosage du 1,25(OH)<sub>2</sub>D de cette étude, les variations intra et interdosages ont été respectivement de 6 et 7,5 p. 100. La sensibilité a été de 5 pg/ml. Pour le 25(OH)D, les variations intra et interdosages ont été respectivement de 7 et 8 p. 100. La sensibilité a été de 6 pg/ml. La détermination des concentrations plasmatiques d'OC a été réalisée par dosage radioimmunologique (Dia - Sorin) (14). Dans les conditions expérimentales de cette étude, la sensibilité de la méthode a été de 0,2 ng/ml, les précisions intra et interdosages ont été respectivement de 6 et 9 p. 100.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne plus ou moins l'écart-type ( $X \pm SEM$ ). L'influence éventuelle du temps a été évaluée par l'analyse de variance à une voie. La signification des différences a été appréciée en utilisant le test non paramétrique U de Mann et Whitney.

## ■ RESULTATS

### Minéraux

La cinétique d'évolution des paramètres minéraux a montré que, immédiatement après la naissance, les concentrations plasmatiques du Ca (mg/l) et du P (mg/l) du chamelon nouveau-né étaient supérieures ( $P < 0,05$ ) à celles de la chamelle mère (respectivement  $110,1 \pm 4,2$  vs  $92,8 \pm 2,0$  et  $61,6 \pm 2,1$  vs  $54,8 \pm 1,2$ ), alors que celles du Mg (mg/l), du Na (mmol/l) et du K (mmol/l) étaient plus faibles ( $P < 0,05$ ) que celles de la mère (respectivement  $21,2 \pm 2,2$  vs  $26,8 \pm 2,1$  ;  $164,8 \pm 4,4$  vs  $174,1 \pm 3,6$  et  $5,4 \pm 0,6$  vs  $6,3 \pm 0,1$ ). Au 30<sup>e</sup> jour de vie postnatale, la calcémie et la phosphatémie du nouveau-né sont restées supérieures ( $P < 0,05$ ) aux valeurs maternelles (respectivement  $108,0 \pm 4,5$  vs  $98,1 \pm 1,8$  et  $66,6 \pm 2,4$  vs  $60,3 \pm 1,5$ ), alors que la natrémie et la kaliémie du nouveau-né sont demeurées basses ( $P < 0,05$ ) comparativement à

la mère (respectivement  $160,0 \pm 4,8$  vs  $170,2 \pm 4,0$  et  $5,4 \pm 0,2$  vs  $6,8 \pm 0,4$ ). Au 7<sup>e</sup> jour de vie, le chamelon a montré une magnésémie statistiquement non différente de celle de la mère ( $25,2 \pm 2,2$  vs  $26,6 \pm 2,0$ ) (tableau I).

### OC et métabolites de la vitamine D

Les concentrations plasmatiques d'OC (ng/ml) du chamelon nouveau-né ont été supérieures ( $P < 0,05$ ) à celles de la mère, depuis la naissance jusqu'au 30<sup>e</sup> jour de vie ( $3,4 \pm 0,3$  vs  $0,7 \pm 0,3$  à la naissance ;  $5,2 \pm 0,5$  vs  $0,7 \pm 0,3$  au 30<sup>e</sup> jour postnatal) (figure 1). Chez la chamelle, la parturition a été suivie d'une augmentation progressive du taux plasmatique d'OC, pour atteindre un maximum le 4<sup>e</sup> jour post-partum ( $2,3 \pm 0,5$ ) ( $P < 0,05$  par comparaison aux valeurs à la mise bas). Ce taux n'est revenu à la valeur initiale qu'au-delà de sept jours après la délivrance (figure 1).

A la naissance, les taux plasmatiques (pg/ml) du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D chez le chamelon ont été statistiquement inférieurs ( $P < 0,05$ ) à ceux de la mère respectivement  $58,2 \pm 12,4$  vs  $480 \pm 60$  et  $835 \pm 62$  vs  $1510 \pm 209$  (figure 1). Sept jours après la naissance, les concentrations plasmatiques du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D du chamelon nouveau-né ont été significativement plus élevées comparativement aux valeurs maternelles à la naissance ( $126 \pm 16$  vs  $58 \pm 12$ ,  $P < 0,05$  ;  $3211 \pm 307$  vs  $835 \pm 62$ ,  $P < 0,01$  ; par rapport au 10<sup>e</sup> jour postnatal) (figure 1). Cependant chez la chamelle, les taux plasmatiques du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D ont montré une diminution significative ( $P < 0,01$  ; par comparaison avec les valeurs à la mise bas) dès le 7<sup>e</sup> jour post-partum (respectivement  $122 \pm 33$  vs  $480 \pm 60$  et  $571 \pm 64$  vs  $1510 \pm 209$ ) (figure 1).

## ■ DISCUSSION

### Chamelon nouveau-né

L'évolution néonatale des taux plasmatiques de Ca, P, Mg, Na et K chez les animaux de cette étude a été voisine de celle observée par Elias et Yagil (15) et Bengoumi (4) chez le chamelon nouveau-né. La cinétique concernant Ca, P et Mg a également été comparable à celle mise en évidence chez le veau nouveau-né sain (12). Selon Rückebusch (28), la naissance a été caractérisée par un brusque passage d'une alimentation parentérale continue (au cours de la gestation) à une alimentation orale discontinue ; l'hypercalcémie et l'hyperphosphatémie néonatales des chamelons de cette étude (tableau I) pourraient être considérées, au moins en partie, comme une réponse physiologique à l'augmentation des besoins en calcium et en phosphore déterminés essentiellement par la croissance tissulaire et la minéralisation du squelette (8). D'ailleurs, l'ostéocalcémie qui est un biomarqueur fiable de la croissance osseuse (13) a été élevée chez les chamelons de cette étude en période postnatale (figure 1) comparativement à la mère postparturiente. Des observations similaires ont été rapportées chez l'agneau (10), le veau (12) et le nourrisson (23).

Les taux plasmatiques du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D réduits à la naissance (0 h) se sont élevés significativement au bout d'une semaine de vie (figure 1). Des observations similaires ont été rapportées chez l'agneau nouveau-né (10).

Toutefois, le 25(OH)D, tritié, administré immédiatement après la naissance à des agneaux, n'a été métabolisé en 1,25(OH)<sub>2</sub>D qu'après 18 jours de vie postnatale (10). Chez des rats nouveau-nés ayant subi le même traitement, le 25(OH)D apparaît dans la

Tableau I

Evolution *post-partum* des taux plasmatiques (mg/l) de calcium, phosphore, magnésium, sodium et potassium chez la chamelle en lactation et le chamelon nouveau-né (n = 5)

	0 h	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j	7 j	10 j	15 j	30 j
<b>Calcium</b>											
Chamelon	110,1* ± 4,2	106,6* ± 3,0	106,4* ± 4,2	105,4* ± 3,9	104,1* ± 4,1	103,4* ± 4,3	103,8* ± 3,7	104,2* ± 3,7	105,3* ± 4,6	106,0* ± 4,0	108,0* ± 4,5
Chamelle	92,8 ± 2,0	98,5 ± 2,6	98,6 ± 2,4	97,6 ± 1,8	96,6 ± 1,6	96,2 ± 1,7	97,1 ± 1,8	99,6 ± 1,6	98,2 ± 2,1	98,8 ± 2,0	98,1 ± 1,8
<b>Phosphore</b>											
Chamelon	61,6* ± 2,1	64,5* ± 2,0	64,4* ± 1,9	64,5* ± 2,4	63,8* ± 2,3	63,4* ± 2,1	65,1* ± 2,3	66,8* ± 1,8	64,9* ± 2,7	63,3* ± 2,0	66,6* ± 2,4
Chamelle	54,8 ± 1,2	59,5 ± 1,4	60,1 ± 1,4	60,2 ± 1,5	59,1 ± 1,4	58,4 ± 2,0	59,5 ± 1,5	60,4 ± 2,3	60,6 ± 1,7	58,5 ± 1,6	60,3 ± 1,5
<b>Magnésium</b>											
Chamelon	21,2* ± 2,2	22,1* ± 1,8	22,8* ± 2,1	23,1* ± 2,0	22,3* ± 2,1	22,0* ± 2,2	22,7* ± 2,3	25,2 ± 2,2	26,1 ± 1,8	26,8 ± 2,4	26,4 ± 2,6
Chamelle	26,8 ± 2,1	26,3 ± 1,9	27,6 ± 1,8	27,2 ± 1,1	26,1 ± 1,1	26,4 ± 1,3	27,1 ± 1,6	26,6 ± 2,0	27,9 ± 1,4	27,8 ± 1,4	25,9 ± 2,0
<b>Sodium</b>											
Chamelon	164,8* ± 4,4	161,0* ± 5,4	162,3* ± 5,0	160,7* ± 4,0	160,4* ± 5,4	161,4* ± 4,3	162,7* ± 4,6	163,9* ± 4,2	162,8* ± 4,9	161,3* ± 5,1	160,0* ± 4,8
Chamelle	174,1 ± 3,6	172,2 ± 4,3	174,2 ± 5,1	173,4 ± 5,6	173,6 ± 5,4	173,1 ± 5,5	174,2 ± 5,4	173,9 ± 4,1	172,4 ± 4,3	173,1 ± 5,4	170,2 ± 4,0
<b>Potassium</b>											
Chamelon	5,4* ± 0,6	5,8* ± 0,8	6,1* ± 0,2	5,6* ± 0,6	5,4* ± 0,4	5,1* ± 0,4	5,3* ± 0,5	5,6* ± 0,8	5,0* ± 0,3	5,7* ± 0,6	5,4* ± 0,2
Chamelle	6,3 ± 0,1	6,9 ± 0,2	7,0 ± 0,2	6,8 ± 0,4	6,7 ± 0,3	6,9 ± 0,3	6,8 ± 0,2	6,9 ± 0,3	6,4 ± 0,5	7,1 ± 0,4	6,8 ± 0,4

\* P < 0,05, comparaison simultanée de la mère et du nouveau-né

circulation dès le premier jour, alors que le 1,25(OH)<sub>2</sub>D reste absent jusqu'au 7<sup>e</sup> jour (29). La présence simultanée du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D à la naissance dans le plasma (figure 1) des chamelons témoigne d'un degré de maturation élevée de la fonction rénale dans l'hydrolyse du 25(OH)D en 1,25(OH)<sub>2</sub>D. En effet, au niveau des tubules rénaux, le 25(OH)D a subi une hydroxylation alpha 1, pour se transformer en 1,25(OH)<sub>2</sub>D qui est le métabolite le plus actif de la vitamine D (6).

### Chamelle en lactation

Chez les chamelles allaitantes de cette étude, l'établissement de la sécrétion lactée a été associé à des taux plasmatiques élevés de 25(OH)D et de 1,25(OH)<sub>2</sub>D. Cette élévation pouvait être due à une fuite calcique mammaire importante, en absence de toute variation significative de la calcémie (tableau I, figure 1). En effet, Riad et coll. (25) ont rapporté des taux plasmatiques de 1,25(OH)<sub>2</sub>D, plus élevés chez la chamelle au 2<sup>e</sup> mois de lactation, comparativement à la femelle vide non lactante pour des calcémies similaires chez les

deux lots d'animaux. L'élévation *post-partum* des taux plasmatiques du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D a été rapportée également chez la femme allaitante (18), ainsi que chez la vache (21), la brebis (26), la rate (5) et la truie (19) allaitantes.

Le 1,25(OH)<sub>2</sub>D stimule l'absorption intestinale de Ca et de P (30), améliore le contenu minéral osseux (20), la masse osseuse trabéculaire et corticale (16) ainsi que la résistance osseuse (1). De plus, ce stéroïde module la prolifération et la différenciation des leucocytes mononucléaires (22) augmente le nombre et l'activité des ostéoblastes (17) et inhibe l'activité et l'expression de leur phosphatase alcaline (9). Ces effets physiologiques mettent en évidence le rôle prépondérant que pourrait jouer le 1,25(OH)<sub>2</sub>D au cours du stade physiologique de la lactation, caractérisé par l'exportation mammaire phosphocalcique, et le remodelage osseux. Au cours de la lactation, le 1,25(OH)<sub>2</sub>D accroît la teneur du lait en Ca et en P chez la chamelle (25) et chez la vache (27). Des récepteurs spécifiques à ce stéroïde ont d'ailleurs été mis en évidence au niveau de la glande mammaire (11).

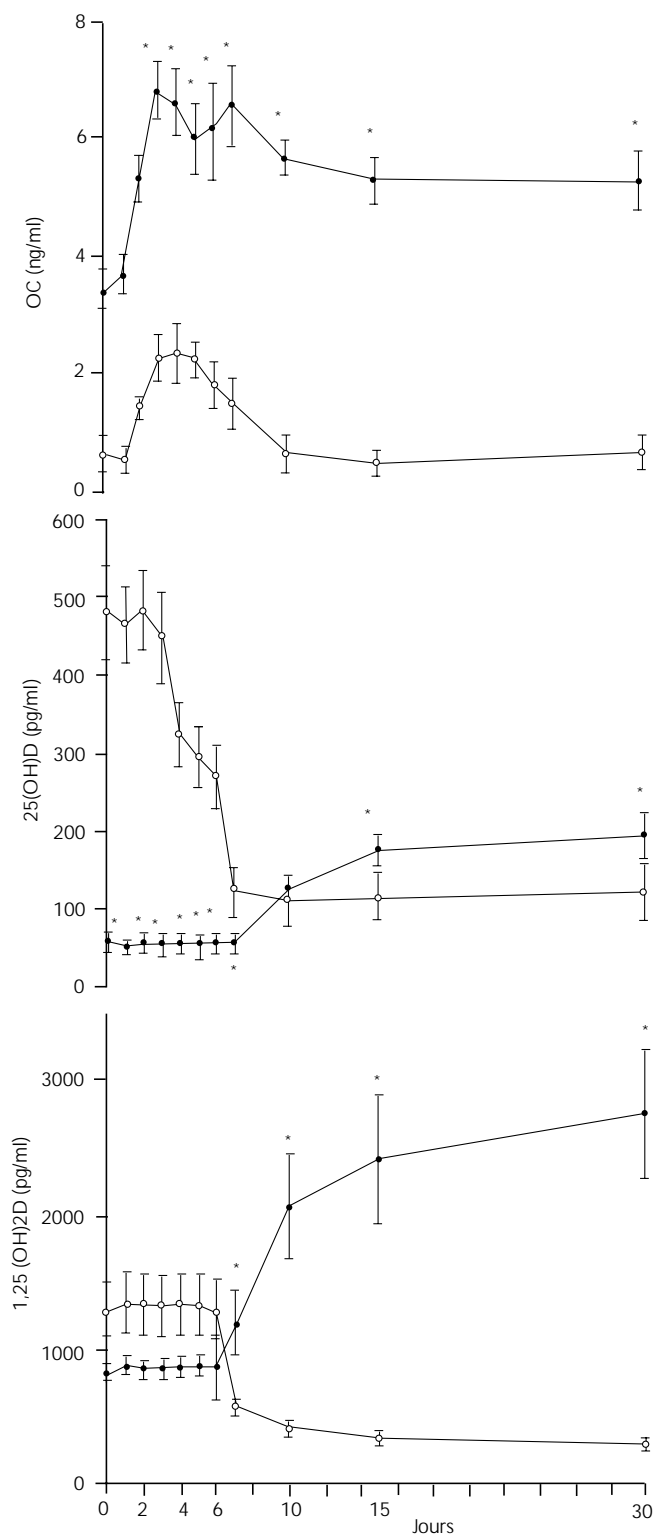


Figure 1 : Evolution post-partum des taux plasmatiques d'ostéocalcine, du 25(OH)D et du 1,25(OH)<sub>2</sub>D chez la femelle en lactation (○) et son nouveau-né (●) ; \* p < 0,05 ; comparaison simultanée de la mère et du nouveau-né.

## ■ CONCLUSION

L'hypercalcémie et l'hyperphosphatémie néonatales, observées chez le chamelon, pourraient être dues, au moins en partie, à l'exportation lactée mammaire (mère vers le nouveau-né) de Ca et de P, associée vraisemblablement à une très bonne absorption

intestinale, comme en témoignent les fortes concentrations des métabolites de la vitamine D (25(OH)D et 1,25(OH)<sub>2</sub>D). Cette évolution néonatale de la calcémie et de la phosphatémie associée à l'élévation des taux plasmatiques d'OC révèle une ostéogenèse intense chez le chamelon. Chez la chamelle allaitante, les taux plasmatiques post-partum élevés de 25(OH)D et de 1,25(OH)<sub>2</sub>D pourraient contribuer au maintien de l'homéostasie calcique malgré l'exportation mammaire du Ca en début de lactation.

## Remerciements

Ce travail a pu être en grande partie réalisé grâce au soutien financier de la Fondation internationale pour la Science, Suède (B/1980).

## BIBLIOGRAPHIE

1. AERSENS J., VAN AUDEKERCKE R., TALALAJ M., VAN VLASSELAER P., BRAMM E., GEUSENS P., DEQUEKER J., 1994. Effect of 1 $\alpha$ -vitamin D3 on bone strength and composition in growing rats with and without corticosteroid treatment. *Calcif. Tissue int.*, **55**: 443-450.
2. BARLET J.P., 1975. Influence du alpha-hydroxy-cholecalciférol sur la calcémie et la phosphatémie des bovins. *C.R. Acad. Sci. D*, **281** : 1497-1500.
3. BARLET J.P., NGUYEN T.M., DAVICCO M.J., DARDILLAT C., LEFAIVRE J., GARABEDIAN M., 1981. Plasma levels of vitamin D metabolites in the bovine species during the perinatal period. *Reprod. Nutr. Develop.*, **21**: 127-134.
4. BENGOUMI M., 1992. Biochimie clinique du dromadaire et mécanisme de son adaptation à la déshydratation. Thèse Doct. ès Sci. agronom. vét., Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 184 p.
5. BOUILLON R., VAN DOREN G., VAN BAELEN H., DE MOOR P., 1978. Immunochemical measurement of the vitamin D - binding protein in rat serum. *Endocrinology*, **102**: 1710-1715.
6. BROMMAGE R., DE LUCA H.F., 1985. Regulation of bone mineral loss during lactation. *Am. J. Physiol.*, **248**: E182-E187.
7. BROWN J.P., DELMAS P.D., MALAVAL L., EDOUARD C., CHAPUY M.C., MEUNIER P.J., 1984. Serum bone Gla-protein: a specific marker for bone formation in postmenopausal osteoporosis. *Lancet*: 1091-1093.
8. CAVERSAZIO J., BONJOUR J.P., 1992. IGF-1 et homéostasie du phosphate pendant la croissance. *Néphrologie*, **13** : 109-113.
9. CHENTOUNI J., MARIE P.J., 1994. Interactions between retinoic acid and 1,25 dihydroxyvitamin D in mouse immortalized osteoblastic C1 cells. *Am. J. Physiol.*, **266**: C1247-C1256.
10. COLLIGNON H., DAVICCO M.J., BARLET J.P., 1996. Metacarpal growth and systemic markers of bone metabolism in the ovine fetus. *Reprod. Fert. Develop.*, **8**: 287-295.
11. COLSTON K.W., BERGER U., WILSON P., HADCOCKS L., NAEEM I., EARL H.M., COOMBS R.C., 1988. Mammary gland 1,25 dihydroxyvitamin D3 receptor content during pregnancy and lactation. *Mol. Cell. Endocrinol.*, **60**: 15-22.
12. COXAM V., 1990. Régulation de l'axe somatotrope chez le veau au cours de la période périnatale, relations avec la croissance osseuse. Thèse Doct., Université II Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France, 226 p.
13. DELMAS P.D., 1992. Clinical use of biochemical markers of bone remodeling in osteoporosis. *Bone*, **13**: 517-521.
14. DELMAS P.D., WAHNER H.W., MANN K.G., RIGGS B.L., 1983. Assessment of bone turnover in postmenopausal osteoporosis by measurement of serum bone Gla-protein. *J. clin. Endocrinol. Metab.*, **102**: 470-476.
15. ELIAS E., YAGIL R., 1984. Haematological and serum biochemical values in lactating camels (*Camelus dromedarius*) and their newborn. *Refuah Vet.*, **41**: 7-13.
16. FAUGERE M.C., OKAMOTO S., DELUCA H.F., MALLUCHE H.H., 1986. Calcitriol corrects bone loss induced by oophorectomy in rats. *Am. J. Physiol.*, **250**: E35-E38.

17. HOLTROP M.E., COX K.A., CLARK M.R., HOLICK M.F., ANAST C.S., 1981. 1,25-dihydroxycholecalciferol stimulates osteoclasts in rat bones in the absence of parathyroid hormone. *Endocrinology*, **108**: 2293-2301.
18. KALKAWARF H.J., SPECKER B.L., HO M., 1999. Effects of calcium supplementation on calcium homeostasis and bone turnover in lactating women. *J. clin. Endocrinol. Metab.*, **84**: 464-470.
19. LACHENMAIER-CURRLE U., HARMEYER J., 1989. Placental transport of calcium and phosphorus in pigs. *J. Perinat. Med.*, **17**: 127-136.
20. LINDGREN V., DELUCA H.F., 1982. Role of parathyroid hormone and 1,25-dihydroxy vitamin D<sub>3</sub> in the development of osteopenia in oophorectomized rats. *Calcif. Tissue int.*, **34**: 510-514.
21. NAITO Y., SHINDO N., SATO R., MURAKAMI D., 1990. Plasma osteocalcin in preparturient and postparturient cows: correlation with plasma 1,25-dihydroxyvitamin D, calcium, and inorganic phosphorus. *J. Dairy Sci.*, **73**: 3481-3484.
22. NONNECKE B.J., FRANKLIN S.T., REINHARDT T.A., HORST R.L., 1993. *In vitro* modulation of proliferation and phenotype of resting and mitogen-stimulated bovine mononuclear leukocyte by 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub>. *Vet. Immunol. Immunopath.*, **38**: 75-89.
23. PITTARD W.B., GEDDES K.M., HULSEY T.C., HOLLIS B.W., 1992. Osteocalcin skeletal alkaline phosphatase, and bone mineral content in low birth weight infants: a longitudinal assessment. *Pediatr. Res.*, **31**: 181-185.
24. RIAD F., 1995. Régulation endocrinienne du métabolisme hydroélectrolytique et phosphocalcique chez le dromadaire. Thèse Doct. Etat ès Sciences, Université Hassan II, Faculté des Sciences II, Ben M'sik Casablanca, Maroc, 225 p.
25. RIAD F., BENGOUNI M., DAVICCO M.J., SAFWATE A., BARLET J.P., 1994. Influence of 1  $\alpha$  hydroxy cholecalciferol on calcium and phosphorus concentration in camel milk. *J. Dairy. Res.*, **61**: 567-571.
26. ROSS R., CARE A.D., PICARD D.W., PEACOCK N., ROBINSON J.S., 1978. Plasma 25-hydroxyvitamin D levels in the sheep fetus and neonate. *J. Endocrinol.*, **71**: 84.
27. ROUX R., DAVICCO M.J., CARRILLO B.J., BARLET J.P., 1979. Solanum glaucophyllum in pregnant cows. Effect on colostrum mineral composition and plasma calcium and phosphorus levels in dams and newborn calves. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **19**: 91-101.
28. RUCKEBUSCH Y., 1982. Homéostasie foetale et autonomie neonatale. In: XIV<sup>e</sup> journées du grenier de Theix, Inra-Theix, France, 15-17 décembre 1982. Clermont-Ferrand, France, Inra, p. 95-114.
29. WEISSMAN Y., SAPIR R., HARELL A., EDELSTEIN S., 1976. Maternal-perinatal interrelationships of vitamin D metabolism in rats. *Biochem. Biophys. Acta*, **428**: 388-95.
30. YANO F., YANO H., BREVES G., 1991. Calcium and phosphorus metabolism in ruminants. In: Proc. 7th int. Symposium on Ruminant Physiology. London, UK, Academic Press, p. 277-285.

## Summary

**El Khasmi M., Riad F., Safwate A., Bengoumi M., Hidane K., Davicco M.J., Coxam V., Faye B., Barlet J.P.** Comparative evolution of some minerals, osteocalcin, 25(OH)D and 1,25(OH)<sub>2</sub>D in the female camel and its newborn in South Morocco

Postpartum kinetics of plasma minerals (Ca, P, Mg, Na and K), osteocalcin, 25(OH)D and 1,25(OH)<sub>2</sub>D were observed in the lactating camel (n = 5) and its newborn (n = 5) in South Morocco. Ca and P plasma levels (mg/l) were higher in camel calves than in dams from birth up to day 30 of life. At birth, Mg, Na and K plasma levels (mg/l) were lower in camel calves than in dams. OC plasma levels (ng/ml) were higher in camel calves than in their mothers from birth ( $3.4 \pm 0.3$  vs.  $0.7 \pm 0.3$ ,  $P < 0.05$ ) up to day 30 of life ( $5.2 \pm 0.5$  vs.  $0.7 \pm 0.3$ ). These levels reached their maximum at day 3 after birth in camel calves ( $6.8 \pm 0.5$ ) and at day 4 postpartum in dams ( $2.3 \pm 0.4$ ). Plasma levels (pg/ml) for 25(OH)D and 1,25(OH)<sub>2</sub>D in newborn calves were lower at birth than those in dams ( $58.2 \pm 12.4$  vs.  $480 \pm 59.7$ ,  $P < 0.05$ , and  $834.8 \pm 61.5$  vs.  $1301 \pm 209$ ,  $P < 0.05$ , respectively). These neonatal levels became significantly higher compared to those of the dams as early as day 15 after birth for 25(OH)D ( $176.4 \pm 19.6$  vs.  $116.1 \pm 30.4$ ,  $P < 0.05$ ), and day 7 after birth for 1,25(OH)<sub>2</sub>D ( $1215 \pm 248$  vs.  $571 \pm 64$ ,  $P < 0.05$ ). These results show that OC could be a reliable biomarker for neonatal bone growth in camel and that 25(OH)D and 1,25(OH)<sub>2</sub>D might play a major role in calcium homeostasis regulation in newborn calves and their lactating dams.

**Key words:** Dromedary - Suckler animal - Newborn animal - Blood plasma - Morocco.

## Resumen

**El Khasmi M., Riad F., Safwate A., Bengoumi M., Hidane K., Davicco M.J., Coxam V., Faye B., Barlet J.P.** Evolución comparada de algunos parámetros minerales, de la osteocalcina, del 25(OH)D y del 1,25(OH)<sub>2</sub>D en la camella del sur marroquí y su camello recién nacido

En el presente estudio se estableció una cinética de la evolución post parto, de las tasas plasmáticas de algunos parámetros minerales (Ca, P, Mg, Na y K), de la osteocalcina, del 25(OH)D y del 1,25(OH)<sub>2</sub>D, en la camella lactante del Sur marroquí (n = 5) y en su recién nacido. Los niveles plasmáticos de Ca y de P (mg/l) en el camello joven son superiores a los de la madre, desde el nacimiento hasta el día 30 de vida. Al nacimiento, los niveles plasmáticos (mg/l) de Mg y de K en el camello joven son inferiores a los valores maternos. En el camello joven, los niveles plasmáticos de OC (ng/ml) son más elevados que los de la madre, después del nacimiento ( $3,4 \pm 0,3$  vs  $0,7 \pm 0,3$ ,  $P < 0,05$ ) y hasta el día 30 post nacimiento ( $5,2 \pm 0,5$  vs  $0,7 \pm 0,3$ ). Estos niveles alcanzan un máximo al tercer día postnatal en los camellos jóvenes ( $6,8 \pm 0,5$ ) y al 4to día post parto en la hembra ( $2,3 \pm 0,4$ ). Las concentraciones plasmáticas (pg/ml) del 25(OH)D y del 1,25(OH)<sub>2</sub>D en el camello recién nacido son más bajas al nacimiento que las de la madre ( $58,2 \pm 12,4$  vs  $480 \pm 59,7$ ,  $P < 0,05$ , y  $834,8 \pm 61,5$  vs  $1301 \pm 209$ ,  $P < 0,05$  respectivamente). Estas concentraciones neonatales se tornan significativamente más elevadas, con respecto a la madre, a partir del día 15 post nacimiento para el 25(OH)D ( $176,4 \pm 19,6$  vs  $116,1 \pm 30,4$ ,  $P < 0,05$ ) y a partir del día 7 de vida para el 1,25(OH)<sub>2</sub>D ( $1215 \pm 248$  vs  $571 \pm 64$ ,  $P < 0,05$ ). Estos resultados indican que en el dromedario, la OC podría ser un marcador biológico fiable del crecimiento óseo neonatal y que el 25(OH)D y del 1,25(OH)<sub>2</sub>D podrían jugar un papel preponderante en la regulación de la homeostasis calcica, tanto en el recién nacido como en la madre lactante.

**Palabras clave:** Dromedario - Animal de cría - Animal recién nacido - Plasma sanguíneo - Marruecos.