

## HOMEORETSKA REGULACIJA METABOLIČKIH FUNKCIJA KOD KRAVA U PERIPARTALNOM PERIODU

*Radojica Đoković<sup>1</sup>, Marko Cincović<sup>2</sup>, Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Milun D. Petrović<sup>1</sup>, Miloš Ži. Petrović<sup>1</sup>, Ljiljana Anđušić<sup>3</sup>, Biljana Anđelić<sup>4</sup>*

**Izvod:** Cilj ovog rada je da se opišu složeni homeoretski i homeostatski mehanizmi kod mlečnih krava tokom peripartalnog perioda. U regulisanju adaptacije metabolizma tokom peripartalnog perioda, ključnu funkciju ima endokrini sistem. Homeoreza predstavlja funkcionisanje endokrino sistema i metabolizma u uslovima kada organizam primarno mora da obezbedi određene fiziološke procese, kao što su rast ploda ili laktacija. Tada dolazi do prilagođavanja funkcije svih tkiva na novonastalu situaciju. Homeoretski hormoni (hormon rasta, prolaktin, glukokortikosteroidi, hormoni štitaste žlezde, insulin, glukagon i leptin) kod mlečnih krava u peripartalnom periodu imaju ključnu ulogu u održavanju visoke laktacije i očuvanju zdravlja krava.

**Ključne reči:** krave, hormoni, metabolizam, peripartalni period

### Uvod

U regulisanju adaptacije metabolizma tokom peripartalnog perioda, ključnu funkciju ima endokrini sistem, mada su u tom procesu značajne uloge kako nervnog, tako i imunskog sistema. Bauman i Currie (1980.) su među prvima izneli koncept *homeoreze* kao model regulisanja metabolizma u toku laktacije i definisali ga na sledeći način: "orkestrirane i koordinirane promene u metabolizmu tkiva organizma koje su neophodne da se održi njegovo fiziološko stanje".

Osnovne karakteristike homeostaze kao principa regulisanja fizioloških funkcija organizma, jesu stalno održavanje određenih parametara unutrašnje sredine organizma u fiziološkim granicama. Za razliku od ovog principa, homeoreza predstavlja funkcionisanje metabolizma u uslovima kada organizam primarno mora da obezbedi određene fiziološke procese, kao što su rast ploda ili laktacija. Tada dolazi do prilagođavanja funkcije svih tkiva na novonastalu situaciju, pri čemu se njihova aktivnost podređuje očuvanju određenog stanja i maksimalnoj funkciji organa koji u tom procesu imaju ključnu ulogu. Homeoretsko regulisanje bioloških procesa ima tri osnovna obeležja: 1) po svojoj prirodi radi se o hroničnom procesu (regulatorni mehanizam je aktivan satima i danima, za

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (radojica@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za veterinarsku medicinu, Trg Dositaja Obradovića br.3, Novi Sad, Srbija;

<sup>3</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kopaonička bb, Lešak, Srbija;

<sup>4</sup>Univerzitet u Nišu, Poljoprivredni fakultet, Kosančićeva br.4, Kruševac, Srbija.

razliku od nekoliko minuta ili sekundi, koliko je potrebno da se određeni parametri vrate u fiziološke okvire aktiviranjem homeostatskog mehanizma), 2) homeoretsko regulisanje istovremeno utiče na veliki broj različitih tkiva čije funkcije, na prvi pogled, nisu međusobno povezane, i 3) ona se ostvaruje kroz izmenjeni odgovor na aktivnost homeostatskog mehanizma regulisanja (Bauman i Currie, 1980.). Metabolička adaptacija organizma kod visoko-mlečnih krava, koja se odigrava u toku prelaza iz stanja kasnog graviditeta u ranu laktaciju, predstavlja veoma jasan primer za manifestaciju sva tri pomenuta obeležja homeoreze. Kao prvo, većina promena koje nastaju u toku adaptacije metabolizma u peripartalnom periodu, kao što je povećana mobilizacija slobodnih masnih kiselina, započinje danima ili čak nedeljama pre nego što će se pojaviti izrazito povećanje potreba za hranljivim materijama u cilju održavanja laktacije. Na drugom mestu, smatra se da mnogobrojne promene u endokrinom sistemu imaju ulogu u započinjanju i održavanju laktogeneze, i ključnu ulogu u tako različitim funkcijama organizma, kao što su započinjanje partusa i izmena metabolizma u masnom tkivu, jetri i skeletnim mišićima. I treće, promenjeni odgovor tkiva na delovanje insulina i kateholamina pod uticajem homeoretskih hormona kao što su estadiol, prolaktin i somatotropin (Bauman i Currie 1980; Bell, 1995; Gvozdić, 2005.).

### **Metaboličke promene kod mlečnih krava tokom peripartalnog perioda**

Peripartalni period kod mlečnih krava predstavlja period od tri nedelje pre do tri nedelje posle teljenja kada se metabolički procesi u organizmu adaptiraju u cilju obezbeđenja energije, organskih i neorganskih prekursora neophodnih za razvoj ploda i za sintezu sastojaka mleka. Genetski potencijal za visoku proizvodnju mleka, ugojenost životinja u vreme teljenja i gubitak telesne mase posle teljenja su osnovni faktori koji uslovljavaju da se kod krava u periodu pre i posle teljenja u većem stepenu pojave poremećaji metabolizma organskih materija. U poslednje vreme se sve više ističe da i nedovoljno prilagođavanje endokrinog sistema u peripartalnom periodu predstavlja jedan od ključnih faktora koji je odgovoran za nastanak subkliničkih i kliničkih poremećaja metabolizma. Drastična promena metabolizma organskih materija nastupa u peripartalnom periodu i prati prilagođavanje metabolizma životinja na nastupajuće teljenje. Ovim promenama nije zahvaćena isključivo mlečna žlezda, već se celokupan metabolizam krave adaptira za nastupajuću laktaciju (Đoković i sar., 2003, 2007, 2010; Šamanc i sar., 2005.). U peripartalnom periodu kod mlečnih krava dolazi do najburnijih promena u metabolizmu masti. Usled smanjenog konzumiranja suve materije iz obroka, kao i nagle i pojačane aktivnosti mlečne žlezde, nastaje negativni bilans energije, a kao posledica takvog stanja nastaje povećana mobilizacija masti iz telesnih depoa, povećana ketogeneza i lipogeneza u jetri. Povećana lipoliza u telesnim depoima započinje još u poslednjim danima graviditeta, da bio svoj maksimum dostigla odmah nakon teljenja i na tom visokom nivou se održavala prvih nekoliko nedelja laktacije (Drackley i sar., 1999, 2001; Đoković, 2010.). Pravilno odvijanje metabolizma ugljenih hidrata, a naročito procesa glukoneogeneze i glikogeneze

ima veliki značaj u očuvanju zdravlja kod mlečnih krava, naročito u periodima visokog graviditeta i maksimalne laktacije, kada dolazi do povećanih metaboličkih opterećenja u organizmu i kada su potrebe za glukozom od strane mlečne žlezde najveće. Ukoliko se glukoneogenezom iz glukogeneoplastičnih prekursora (propionska kiselina, glukogeneoplastične amino-kiseline, glicerol) ne mogu da zadovolje potrebe za glukozom, kao i kada su ispražnjene rezerve glikogena u jetri, javlja se poremećaj metabolizma ugljenih hidrata, što vrlo često dovodi do pojave hipoglikemije, ketonemije i ketonurije (Bell, 1995; Drackley i sar., 1999; 2001; Đoković i sar., 2003, 2010; Šamanc i sar., 2005.). Kod mlečnih krava u peripartalnom periodu je najniže konzumiranje hrane, što je nedovoljno za zadovoljenje metaboličkih potreba organizma, a posebno mlečne žlezde na početku laktacije. Posledica takvog stanja je negativni energetski i proteinski bilans i mobilizacija masti i proteina iz telesnih depoa. Proteini odnosno amino-kiseline uneti putem hrane ili mobilisani iz telesnih depoa koriste se za sintezu belančevina mleka, kao i glukogeneoplastični prekursori za sintezu glukoze. (Drackley i sar., 1999, 2001; Đoković, 2010.).

### **Endokrine promene (homeoreza) kod mlečnih krava tokom peripartalnog perioda**

Svi mehanizmi koji učestvuju u kontroli metaboličkih procesa kod mlečnih krava u peripartalnom periodu su u mnogim elementima nedovoljno poznati. Na jednoj strani su homeostatski mehanizmi, koji obezbeđuju konstantnost unutrašnje sredine, a na drugoj strani su homeoretski mehanizmi, koji treba snažnije da usmeravaju tok prometa materija u pravcu koji zahtevaju neka posebna stanja organizma (graviditet, laktacija). Pošto su homeoretski mehanizmi snažniji od homeostatskih u peripartalnom periodu kod mlečnih krava i prioritetno usmeravaju energiju ka gravidnom uterusu ili mlečnoj žlezdi, često dovode do teških poremećaja metabolizma organskih i neorganskih materija, pa i uginuća životinja (Drackley i sar., 1999, 2001; Šamanc i sar., 1993, 2005; Đoković i sar., 2015.). Metabolička adaptacija organizma kod visoko-mlečnih krava, koja se odigrava u toku prelaza iz stanja kasnog graviditeta u laktaciju, predstavlja veoma jasan primer homeoreze. Kao prvo, povećanje mobilizacije masti i proteina započinje danima ili čak nedeljama pre, nego što će se pojaviti povećanje potreba za hranljivim materijama u cilju održavanja laktacije. Na drugom mestu, mnogobrojne promene u endokrinom sistemu kod mlečnih krava imaju ulogu u započinjanju i održavanju laktogeneze i različitim funkcijama organizma kao što su započinjanje partusa i izmena metabolizma u masnom tkivu, jetri i skeletnim mišićima (Acaves 1985; Sartin i sar., 1988; Šamanc i sar., 2005; Đoković i sar., 2015.)

Koncentracija hormona tireoidne žlezde u krvi kod mlečnih krava u peripartalnom periodu je u pozitivnoj korelaciji sa energetskim bilansom, a u negativnoj korelaciji sa proizvodnjom mleka kod mlečnih krava. Koncentracija hormona tireoidne žlezde u periodu pred partus kod krava je relativno visoka da bi

nakon partusa, kada nastaje negativni bilans energije, došlo do pada njihove koncentracije u krvi, što obezbeđuje njenu prioritetnu ulogu u regulisanju energetskeg metabolizma. Smanjena sekrecija tireoidnih hormona u početku laktacije je odraz homeoretske adaptacije na negativan energetski bilans. Istovremeno to bi mogao da bude jedan od ključnih procesa u prilagođavanju perifernih tkiva na povećane metaboličke zahteve mlečne žlezde (Hart i sar., 1978; Kahl i sar., 1995; Bonczek i sar., 1998.). Relativno niske koncentracije trijodtironina i tiroksina u krvi visoko-produktivnih krava, mogu biti posledica razlika u energetskom metabolizmu između visoko-produktivnih i nisko-produktivnih krava. Utvrđena je pozitivna korelaciju između nivoa tireoidnih hormona u krvi i bilansa energije, a negativna sa produkcijom mleka. Najniže vrednosti tireoidnih hormona su utvrđene kod mlečnih krava na početku laktacije kod kojih je utvrđen najviši stepen negativnog bilansa energije (Đoković i sar., 2000, 2007, 2010, 2015.).

Insulin ima udela u adaptaciji metabolizma organskih materija kod mlečnih krava u toku peripartalnog perioda, posebno u preraspodeli hranljivih materija i njihovom usmeravanju prema mlečnoj žlezdi na početku laktacije (insulinska rezistencija). Koncentracija insulina u krvnoj plazmi kod krava je visoka pre partusa, da bi se u periodu od desetog do petog dana pred partus moglo da ustanovi njeno postepeno opadanje, nakon čega sledi veliko variranje njegove koncentracije u vreme od petog dana pred partus do samog porođaja kod krava. Nakon toga koncentracija insulina u plazmi je relativno niska i tako se održava tokom laktacije, što omogućava efikasno iskorišćavanje organskih prekursora za sintezu sastojaka mleka (De Boer i sar., 1985; Sartin i sar., 1988; Đoković i sar., 2002, 2010, 2015.). Hormoni koji imaju najveći uticaj na regulisanje glikemije u uslovima homeostaze su insulin i glukagon. Glukagon predstavlja antagonist insulinu i utiče na sprečavanje pojavljivanja hipoglikemije. Koncentracija glukagona u krvi ugojenih krava u vreme partusa je niska, i dalje se snižava kod ketonemije (Smith i sar., 1976; Cherrington i Liqenquist, 1981.). Faktor rasta sličan insulinu (IGF-I) sintetiše se u jetri pod uticajem somatotropina (Jones i Clemmons, 1995.) i ova stimulacija predstavlja temelj osovine STH - IGF-I. Period rane laktacije kod krava karakteriše dugotrajni negativni energetski bilans i za to vreme jetra postaje neosetljiva na delovanje STH (Vicini i sar., 1991.), što uzrokuje izraženo smanjenje koncentracije IGF-I u cirkulaciji.

Nivo somatotropina (STH, hormon rasta) u krvnoj plazmi krava takođe se povećava krajem graviditeta, sa maksimalnom koncentracijom u toku partusa, posle čega dolazi do njegovog sniženja. Za vreme laktacije nivo somatotropina je umereno povišen i smatra se da je kod preživara mnogo važnije njegovo delovanje od dejstva prolaktina na lučenje mleka (Bauman i Vernon, 1993.). Hormon rasta ispunjava većinu prethodno navedenih uslova da bi bio svrstan u grupu homeoretskih hormona. Njegova povišena sekrecija započinje pre nego se odigraju velike promene u metabolizmu, ima dejstvo na veliki broj tkiva i modifikuje odgovor na homeostatsko regulisanje. Posebno je značajna činjenica da, po svoj prilici, više promena u metabolizmu krava u laktaciji tretiranih somatotropinom

nastaje zbog izmene osetljivosti perifernih tkiva na insulin i kateholamine (Butler i sar., 2003.).

Nivo glukokortikosteroida (kortizol) u cirkulaciji za vreme graviditeta je relativno nizak, sve do pred sam partus kada usled stresa nastaje izražen porast njegove koncentracije u krvi. Posle teljenja dolazi do smanjivanja koncentracija kortizola u krvi, a naročito je izraženo kod krava sa acetone mijom. Porast koncentracije kortizola koji nastaje pred partus, međutim, nije pravovremen sa stanovišta definicije homeoreze, odnosno nastaje prekasno da bi moglo da se govori o značajnom uticaju kortizola na preraspodelu telesnih rezervi u periodu rane laktacije. Značajnija je uloga kortizola u pojačavanju dejstva velikog broja hormona na metaboličke procese (permissivno dejstvo) i to glukoneogenezu (primarni hormon glukagon), glikogenezu (primarni hormon insulin) i lipolizu (primarni hormoni adrenalin i hormon rasta)(Bloom i Halse 1975; Šamanc i sar., 2005; Đoković 2010.).

Koncentracija prolaktina u krvnoj plazmi se značajno povećava u periodu neposredno pred partus i može da modifikuje homeostatski odgovor masnog i drugih tkiva organizma. Kod pacova u laktaciji prolaktin recipročno deluje na masno tkivo i mlečnu žlezdu, izazivajući u prvom inhibiciju, a u drugom stimulaciju dejstva insulina (Koprowski i Tucker, 1973.). Prolaktin takođe može da utiče na raspodelu amino-kiselina između jetre i ekstrahepatičnih tkiva prispelih iz digestivnog trakta (Asuncion de la i sar., 1994.).

Ispitivanja *in vitro* su potvrdila da je za početak sekrecije proteina mleka neophodno zajedničko delovanje prolaktina, insulina i kortizola (Juergens i sar., 1965.). Kod goveda je ustanovljeno da blokiranje prepartalnog porasta koncentracije prolaktina primenom bromokriptina nastaje značajno smanjivanje proizvodnje mleka, a aplikovanjem egzogenog prolaktina ovaj efekat se može poništiti (Akers i sar., 1981.).

Leptin je nedavno identifikovan citokinu-sličan proizvod ab gena, koji proizvode uglavnom adipociti smešteni u belom masnom tkivu. Nivoi lipida u krvi odražavaju uglavnom sadržaj triglicerida subkutanih i visceralnih depoa, kao i trenutni balans energije (Bornstein i sar., 1997; Kulcsar i sar., 2005.). Kod mlečnih krava, najniži nivoi leptina u krvi su izmereni u ranim nedeljama laktacije, kada su krave u negativnom energetsom bilansu i kada njihova telesna kondicija slabi (Ahima, 2000; Considine 2003.).

Neosporno je da hormoni koji regulišu metaboličke procese, a naročito oni koji regulišu procese lipolize u masnom tkivu i glukoneogeneze u jetri i koji na početku laktacije obezbeđuju mlečnu žlezdu sa dovoljnom količinom prekursora za sintezu sastojaka mleka, imaju značajnu ulogu u etiopatogenezi ketoze krava. Naime, potrebe mlečne žlezde u ovom fiziološkom periodu imaju prioritet, čak i u slučaju manifestne ketoze. Ove činjenice jasno ukazuju na značaj mehanizama koji su odgovorni za regulaciju metabolizma u vreme njegovog najvećeg opterećenja, (Šamanc i sar., 2005.).

## **Zaključak**

U regulisanju adaptacije metabolizma tokom peripartalnog perioda, ključnu funkciju ima endokrini sistem. Homeoreza predstavlja funkcionisanje endokrinog sistema i metabolizma u uslovima kada organizam primarno mora da obezbedi određene fiziološke procese, kao što su rast ploda ili laktacija. Tada dolazi do prilagođavanja funkcije svih tkiva na novonastalu situaciju, pri čemu se njihova aktivnost podređuje očuvanju određenog stanja i maksimalnoj funkciji organa koji u tom procesu imaju ključnu ulogu. Homeoretski hormoni (hormon rasta, prolaktin, glukokortikosteroidi, hormoni štitaste žlezde, insulin, glukagon i leptin) kod mlečnih krava u peripartalnom periodu imaju ključnu u regulisanju metaboličkih funkcija, pre svega u održavanju visoke laktacije i očuvanju zdravlja krava.

## **Napomena**

Istraživanja u ovom radu su finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Ugovor br. 451-03-9/2021-14.

## **Literatura**

- Aceves C., Ruiz A., Romero C., Valverde C., (1985): Homeorhesis during early lactation. Euthyroid sick-like syndrome in lactating cows, *Acta Endocrinologia (Copenh)*, Vol.110, No.4, pp.505-509.
- Ahima R.S., Flier J.S. (2000): Leptin, *Annual Review of Physiology* Vol.62, pp.413-437.
- Akers R.M., Bauman D.E., Capuco A.V., Goodman G.T., Tucker H.A., (1981): Prolactin regulation of milk secretion and biochemical differentiation of mammary epithelial cells in periparturient cows. *Endocrinology* Vol. 109, pp. 23-30.
- Asuncion de la G., Devesa J.A., Vina J.R., Barber T. (1994): Hepatic amino acid uptake in the lactating rat: studies in vivo and in vitro. *Journal of Nutrition*, Vol. 124, p. 2163.
- Bauman E., Currie W. (1980): Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation. A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis, *Journal of Dairy Science*, Vol. 63, pp. 1514-1518.
- Bauman D.E., Vernon R.G., (1993): Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation, *Annual Review of Nutrition* Vol.13, pp. 437-461.
- Bell W. A. (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, Volume 73, Issue 9, pp 2804-2819, <https://doi.org/10.2527/1995.7392804x>
- Bonczonek R.R., Young C.W., Wheaton J.E., Miller K.P. (1988): Responses of somatotropin, insulin, prolactin and thyroxine to secretion for milk yield in holsteins. *Journal of Dairy science*, Vol. 71, pp. 2470.

- Bornstein S.R., Uhlmann K., Haidan A., Ehrhart-Bornstein M., Scherbaum W. A. (1997): Evidence for a novel peripheral action of leptin as a metabolic signal to the adrenal gland. *Diabetes*, Vol. 46, pp. 1235-1238.
- Bloom K, Halse K, (1975): Corticoids in nuctural blood plasma of cows in the field related to stage of lactation and plasma aceto-acetat. *Journal of Dairy Science*, Vol. 8, pp. 1170-1174.
- Butler S.T., Marr A.L., Pelton S.H., Radcliff R.P., Lucy M.C., Butler W.R. (2003): Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: Effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. *J Endocrinology*, Vol. 176, pp. 205-217.
- Considine R.V. (2003): Endocrine regulation of leptin production. In: Henson MC, Castracane VD, editors. *Leptin and reproduction*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 39-52.
- De Boer G., Trenkle A., Young J. W. (1985): Glucagon, insulin, growth hormone and some blood metabolites during either feed restriction, ketonemia of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 68, pp. 326-329.
- Cherrington A.D., Liqenquist J.E., (1981): Role of glucagon in regulating glucose production in vivo. Pages 221-253 in *Glucagon: Physiology, Pathophysiology, and morphology of the pancreatic A Cells*. Current Endo-crinology. R. H. Unger and L. Orci, ed. Elsevier, New York.
- Drackley J.K. (1999): Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J Dairy Sci*, Vol.82, pp. 2269-2273.
- Drackley J.K., Overton T.R., Douglas G.N. (2001): Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during periparturient period, *J Dairy Sci*, Vol.84, pp.(E suppl.) E 100 - E 112.
- Đoković R., Šamanc H., Bošković-Bogosavljević S. (2000): Triiodothyronine, thyroxine, free fatty acids and triglyceride concentrations in blood and fat liver contenet in post parturient dairy cows. Book of abstracts of the 51st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, The Hague, The Netherlands.
- Đoković R., Šamanc H., Bošković-Bogosavljević S., Petrović M., Dasković V., Rajičić V.(2002): Koncentracije lipida, glukoze i insulina u krvi i stepeni zamašćenja jetre kod zdravih i ketoznih krava. *Biotechnology in animal husbandry*, Vol. 18, 5-6, str. 177-184, Beograd-Zemun.
- Đoković R., Šamanc H., Bošković-Bogosavljević S. (2003): Koncentracije slobodnih masnih kiselina, glukoze i insulina u krvi kod visoko-produktivnih mlečnih krava i peripartalnom periodu. *Veterinarski glasnik*, Vol. 57, 7-8, str. 405-423, Beograd.
- Đoković R., Šamanc H., Jovanović M., Nikolić Z. (2007): Blood concentrations of thyroid hormones and lipids and content of lipids in the liver in dairy cows in transitional period. *Acta Veterinaria Brno*, Vol. 76, pp. 525-532.
- Đoković (2010): Endokrini status mlečnih krava. Monografija. Agronomski fakultet, Čačak.

- Dokovic R., Cincovic M., Belic B., Toholj B., Davidov I., Hristovska T. (2015): Relationship between blood metabolic hormones, metabolites and energy balance in Simmental dairy cows during peripartum period and lactation. *Pakistan Veterinary Journal*, Vol.35, pp. 163-167.
- Gvozdić D. (2005): Uloga hormona u regulisanju prometa energije u peripartalnom periodu, *Zbornik radova, Etiopatogeneza i dijagnostika poremećaja metabolizma i reprodukcije goveda*, 4. Simpozijum - Ishrana, reprodukcija i zaštita zdravlja goveda, 27.9 - 1.10, str.103-125, Subotica.
- Jones J.I., Clemmons D.R. (1995): Insulin-like growth factors and their binding proteins: biological actions. *Endocrine Reviews*, Vol.16, pp. 3-34.
- Juergens W.G., Stockdale F.E., Topper Y.J., Elias J.J. (1965): Hormone-dependent differentiation of mammary gland in vitro. *Proc Natl Acad Sci*, Vol. 54, pp. 629-634.
- Hart I.C., Bines J.A., Roy J., Morant S. (1978): Plasma thyroxine index in high and low-yielding cattle and in calves of different breeds. *Journal of Endocrinology*, Vol. 80, p. 52.
- Kahl S., Capuco A.V., Binelli M., Vanderkooi W.K., Tucker H.A., Moseley W.M. (1995): Comparison of growth hormone-releasing factor and somatotropin: thyroid status of lactating, primiparous cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 78, No.10, pp. 2150-2158.
- Koprowski J.A., Tucker H.A., (1973): Serum prolactin during various physiological states and its relationship to milk production in the bovine. *Endocrinology*, Vol. 92, pp. 1480-1487.
- M. Kulcsár, Sz. Jánosi, T. Lehtolainen, L. Kátai, C. Delavaud, O. Balogh, Y. Chilliard, S. Pyöräläc, P. Rudas, Gy. Huszenicza (2005): Feeding-unrelated factors influencing the plasma leptin level in ruminants. *Domestic Animal Endocrinology*. Vol 29, Issue 1, Pages 214-226.
- Sartin J.L., Kemppainen R.J., Cummins K.A., Williams J.C. (1988): Plasma concentrations of metabolic hormones in high and low producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 71, pp. 650-657.
- Smith G., Hansel W., Coppock C. (1976): Plasma growth hormone and insulin during early lactation in cows fed silage based diets. *Journal of Dairy Science* Vol. 59, pp. 135-140.
- Šamanc H., Damjanović Z., Nikolić J.A., Radojčić B., Anđelković M., Lekić N. (1993): Endokrina regulacija metaboličkih procesa kod krava u graviditetu i laktaciji, *Veterinarski glasnik*, No.4-5, str.319-327.
- Šamanc H., Sinovec Z., Cornescu H., (2005): Osnovi poremećaja prometa energije visoko-mlečnih krava, *Zbornik radova, Etiopatogeneza i dijagnostika poremećaja metabolizma i reprodukcije goveda*, 4. Simpozijum - Ishrana, reprodukcija i zaštita zdravlja goveda, 27.9 - 1.10, str. 89-103, Subotica.
- Vicini J.L., Buonomo F.O., Veenhuizen J.J., Miller M.A., Clemmons D.R., Collier R.J. (1991): Nutrient balance and stage of lactation affect responses of insulin, insulin-like growth factors-I and II, and insulin-like growth factor-binding



protein 2 to somatotropin administration in dairy cows. Journal of Nutrition, Vol.121, pp.1656-1664.

## HOMEORETIC REGULATION OF METABOLIC FUNCTIONS IN COWS IN PERIPARTAL PERIOD

*Radojica Đoković<sup>1</sup>, Marko Cincović<sup>2</sup>, Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Milun D. Petrović<sup>1</sup>, Miloš Ži. Petrović<sup>1</sup>, Ljiljana Anđušić<sup>3</sup>, Biljana Anđelić<sup>4</sup>*

### Abstract

The aim of this paper is to describe complex homeoretic and homeostatic mechanisms in dairy cows during the peripartum period. The endocrine system has a key function in regulating the adaptation of metabolism during the peripartum period. Homeoresis represents the functioning of the endocrine system and metabolism in conditions when the organism must primarily provide certain physiological processes, such as fetal growth or lactation. Then the function of all tissues is adjusted to the new situation. Homeoretic hormones (growth hormone, prolactin, glucocorticosteroids, thyroid hormones, insulin, glucagon and leptin) in dairy cows in the peripartum period play a key role in maintaining high lactation and maintaining cow health.

**Key words:** cows, hormones, metabolism, peripartum period

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Čačak, Serbia (radojica@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Veterinary Medicine, Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>University of Prishtina, Faculty of Agriculture, Kopaonička bb, Lešak, Serbia

<sup>4</sup>University of Nis, Faculty of Agriculture, Kosančićeva br.4, Kruševac, Serbia.