

Wydzielanie prolaktyny u loch

Artur Jabłoński¹, Piotr Cybulski²

z Zakładu Chorób Świń Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach¹ oraz Gabinetu Weterynaryjnego Poldanor S.A. w Przechlewie²

Prolaktyna to hormon peptydowy obecny u wszystkich kręgowców, znany ze swojej wszechstronności funkcji biologicznych. Jest zaangażowany nie tylko w procesy związane z laktacją, lecz także metabolizmem, osmoregulacją, behawiorem i immunoregulacją (1). Jest wydzielany przez komórki laktotropowe przedniego płata przysadki.

Kluczowa rola prolaktyny u świń sprostada się do zasadniczego wpływu na wydzielanie mleka u loch, co determinuje kondycję prosiąt ssących. Hormon ten wpływa na wydzielanie mleka poprzez nadrzędne oddziaływanie na rozwój gruczołu mlekowego w późniejszej ciąży oraz inicjującą rolę w produkcji mleka podczas laktacji (2). Według ostatnich doniesień poziom prolaktyny na 30–40 godzin przed porodem ma zasadniczy wpływ na wydzielanie siary (3).

U świń produkcja siary jest indukowana spadkiem poziomu progesteronu, co prowadzi do gwałtownego wzrostu poziomu prolaktyny przed porodem. Prolaktyna reguluje odnowę komórek gruczołu mlekowego i stymuluje syntezę składników mleka. Progesteron hamuje wydzielanie

prolaktyny i hamuje zwrotnie receptory dla prolaktyny w gruczole mlekowym.

Kontrola wydzielania prolaktyny jest w większości sprzężona z wydzielaniem dopaminy (sprzężenie zwrotne). Dopamina i jej agoniści hamują wydzielanie prolaktyny, natomiast antagoniści dopaminy wpływają na zwiększone wydzielanie tego hormonu. Jakkolwiek istnieje wiele innych czynników, które mogą wpłynąć na wydzielanie prolaktyny, m.in. genetyczne, a także związanych z zarządzaniem, utrzymaniem i żywieniem zwierząt.

Poziomy prolaktyny surowicy loch

Ciąża

Koncentracja prolaktyny w surowicy przez większość okresu ciąży jest na niskim poziomie, wynosi ok. 10 ng/ml i rośnie w okresie ostatnich dwóch tygodni poprzedzających poród do poziomu 45–70 ng/ml (4). Natomiast poziom prolaktyny tuż po porodzie zwiększa się według większości autorów do poziomu 100 ng/ml (4, 5), chociaż może także osiągać wartości jeszcze wyższe ~300 ng/ml (6).

Prolactin secretion in sows

Jabłoński A.¹, Cybulski P.², Department of Swine Diseases, National Veterinary Research Institute, Puławy¹, Veterinary Surgery Poldanor in Przechlewo²

Prolactin is a hormone secreted by anterior pituitary. It is identical with luteotropin. It promotes the growth of mammary tissue and stimulates and sustains milk production and has luteotropic activity. This hormone was clearly demonstrated as being a major effector of sow milk yield by playing essential role for mammary glands development in late gestation period and for the maintenance of milk production during lactation period. The control of prolactin secretion is mainly under the negative regulation of catecholamine dopamine, released in the hypothalamus, carried to the anterior pituitary and inhibits the secretion of prolactin. However, several other factors can also play a role in circulation of prolactin in sows. This article identifies factors that influence the secretion of prolactin in sows.

Keywords: prolactin, mammary glands, sows.

Laktacja

W okresie poporodowym poziom prolaktyny osiąga wartości 100 ng/ml i powyżej (6), przy czym stale spada wraz z trwaniem laktacji (5, 6, 7). Z doniesień przedstawiających poziomy prolaktyny podczas późnej laktacji wynika, że oscyluje najczęściej od 10 do 30 ng/ml (7, 8) ale może też osiągać

wartości 65–80 ng/ml (5, 6). Dla przykładu jeden z autorów podaje (9), że przybliżone stężenia prolaktyny były na poziomie 80, 65 i 50 ng/ml w odpowiednio 6., 12. i 20. dniu laktacji bez określenia charakterystycznego rytmu wydzielania dobowego. Odpowiedź dotycząca wpływu wielkości miotu na wydzielanie prolaktyny jest niejednoznaczna ze względu na rozbieżne doniesienia z tego zakresu (7, 8).

Podobnie autorzy, których prace dotyczyły wpływu stymulacji gruczołu mlekowego, jaką powodują prosięta na porodówce, nie są zgodni co do tego, czy wpływa ona na bezpośredni, w trakcie lub tuż po stymulacji wzrost wydzielania hormonu. Wskazują raczej na związek między średnim czasem trwania ostatniego masażu a całkowitą jej koncentracją (10). Koncentracja prolaktyny rośnie stopniowo (11, 12), osiągając szczyt po 10–20 min od początku karmienia (11). Zostało także ustalone, że stymulacja gruczołów mlekowych lochy przez prosięta jest wystarczająca do wywołania wzrostu poziomu prolaktyny, a samo wydzielanie mleka nie jest w tym procesie konieczne. Potwierdzono to w badaniach, w których notowano wysokie wzrosty poziomu prolaktyny po stymulacji, w okolicznościach, w których nie dochodziło do wydzielania mleka u loch (10, 13).

Odsadzenie

Odsadzenie ma drastyczny wpływ na wydzielanie prolaktyny, której koncentracja spada nawet w dwóch pierwszych godzinach po odsadzeniu prosiąt do około 5 ng/ml (14, 15). Dalszy spadek jej ilości, do wartości poniżej 2 ng/ml, zaobserwowano na drugi dzień po odsadzeniu (5, 8). Spadek poziomu prolaktyny okazał się bardziej wyraźny przy odsadzaniu w 22 dniu od odsadzenia w 44 dniu laktacji, ale poziomy hormonu znajdowały się w przybliżeniu w tym samym przedziale (14, 15, 16). Kilkugodzinna separacja prosiąt od matek także wpływa na szybki spadek poziomu prolaktyny w surowicy loch, co potwierdza stymulacyjny wpływ prosiąt (14). Po przywróceniu obecności prosiąt, poziomy uwolnionego hormonu z powrotem rosną 5-krotnie już po 15 min i 10-krotnie po dwóch godzinach (14). Inni autorzy potwierdzili to zjawisko – poziom prolaktyny powrócił do poziomu sprzed odsadzenia po 5 godzinach (17).

Dopaminergiczna kontrola wydzielania prolaktyny

Agoniści dopaminy u loch

Regulacja wydzielania prolaktyny jest w dużej mierze pod negatywną kontrolą wydzielania dopaminy, stąd użycie agonistów

dopaminy podczas laktacji zmniejsza poziom prolaktyny. Jest na to zjawisko dużo przykładów u loch. Użycie ergokryptyny czy bromokryptyny hamuje lub nawet znosi porodowy szczyt poziomu prolaktyny. Bardziej szczegółowo, codzienna iniekcja 0,1 mg/kg m.c. ergokryptyny od 103 dnia ciąży lub trzykrotnie w ciągu dnia podanie w paszy 10 mg bromokryptyny od 110 dnia ciąży, zapobiega wzrostowi prolaktyny i blokuje zainicjowanie laktacji (6, 18). Udowodniono również, że podając bromokryptynę jednorazowo w ilości 120 mg s.c. lub 10 mg w paszy dwukrotnie na dzień, można zmniejszyć poziom prolaktyny w okresie środka i późnej laktacji (19). Prezentowane badania z tego zakresu, potwierdzające tę tezę z uściśleniem, że podając w paszy 10 mg bromokryptyny trzykrotnie w ciągu dnia, można istotnie obniżyć poziom prolaktyny w każdym okresie laktacji, nawet z poziomów wyższych od 100 ng/ml do niższych niż 10 ng/ml (6). Inny agonista dopaminy – kabergolina, również wykazuje takie działanie. Podając go w ilości 3 µg/kg m.c. dwa razy dziennie w paszy lochom, spowodowano spadek poziomu prolaktyny od 10 do 26 dnia laktacji (20), jednak efekt ten nie jest aż tak drastyczny jak w przypadku bromokryptyny. Doniesienia, w których badano czas reakcji na zastosowanego agonistę dopaminy, potwierdzają, że spadek poziomu prolaktyny następuje relatywnie szybko (kilka godzin) i zależy przede wszystkim od rodzaju substancji oraz drogi podania. Najszybszy efekt obserwowano po iniekcji bromokryptyny.

Efekt hamujący wydzielanie prolaktyny po zastosowaniu bromokryptyny zaobserwowano także w okresie ciąży, kiedy podawano bromokryptynę w dawce 10 mg trzykrotnie na dzień w paszy od 70 do 110 dnia ciąży. Spowodowało to w tym okresie gwałtowny spadek poziomu prolaktyny (21). Potwierdzono to również w innych badaniach, gdzie podawano bromokryptynę w określonych dniach ciąży (od 50 do 69, od 70 do 89 i od 90 do 109), co zawsze skutkowało spadkiem poziomu prolaktyny pod koniec każdego z okresów (22). Szczególnie interesujący, z praktycznego punktu widzenia, jest ostatni okres (90–109), gdzie prolaktyna odpowiada za przedporodowy rozwój gruczołu mlekowego.

Antagoniści dopaminy u loch

Antagoniści dopaminy mogą indukować stany zwiększonego wydzielania prolaktyny. Po zastosowaniu antagonisty receptora dopaminy – domperidonu, w paszy w ilości 0,4 mg/kg m.c. /2 × dz. lochom od 90 do 110 dnia ciąży, koncentracja prolaktyny wzrosła istotnie w 91. (od poniżej 20 ng/ml do 70 ng/ml) oraz o około 30 ng/ml

w 96. dniu ciąży, podczas gdy w dalszej ciąży nie zarejestrowano różnic w związku z podawaniem tej substancji (23).

W badaniach, w których stosowano pojedyncze iniekcje chloropromazy (0,5 mg/kg m.c., *i.m.*), rezerpiny (0,025 mg/kg m.c., *i.m.*), haloperidolu (10 mg/zwierzę, *i.v.*) czy pimozydylu (0,5–1 mg/kg m.c., *i.v.*) u swni w laktacji, nie zaobserwowano znaczącego efektu stosowania. Stosowanie haloperidolu *i.v.* powodowało szybką reakcję zwiększonego wydzielania prolaktyny, ale tylko u loszek w cyklu, co autorzy wyjaśniali jej odmiennym systemem regulacji (24).

Opiaty

Peptydowe opioidy endogenne stymulują wydzielanie prolaktyny, ale z praktycznego punktu widzenia wynika z tego tylko możliwość zastosowania, antagonistów receptorów opioidowych (np. naloksonu), które *de facto* mają działanie obniżające poziom prolaktyny. Natomiast opiaty podawane jatrogennie, takie jak morfina, zmniejszają wydzielanie prolaktyny.

Praktyka hodowlana

Rasa i wiek loch

Selekcja genetyczna prowadząca do zwiększenia płodności/plenności linii matczynej może prowadzić także do zwiększenia poziomów prolaktyny, ale dotyczy to szczególnie wczesnego okresu laktacji. U swni będących krzyżówkami z „chińskim genotypem” zaobserwowano wyższe poziomy prolaktyny. Bardziej szczegółowo, u swni z dodatkiem 50% puli genów meishan stwierdzono istotnie wyższe poziomy prolaktyny w 6. dniu laktacji niż u swni w typie „wielka biała” (36,5 vs 24,3 ng/ml), podczas gdy przy porównaniu tego parametru u swni w 19. dniu laktacji nie zaobserwowano istotnych różnic (17,8 vs 17,3 ng/ml; 25). Podobnie inni autorzy nie stwierdzili dużych różnic w późnej laktacji, porównując swnie (25%) meishan ze swniami yorkshire landrace w 28 dniu laktacji (14,7 vs 13,3 ng/ml, odpowiednio; 26).

Wiek loch i wynikająca z tego liczba porodów ma wpływ na poziomy prolaktyny. Tu autorzy są zgodni, że zarówno koncentracja prolaktyny w okresie poprzedzającym poród, jak i tuż po nim zwiększa się wraz z kolejnym porodem (27, 28).

Utrzymanie

Sposób utrzymania może mieć wpływ na poziom prolaktyny, gdyż porównując lochy utrzymywane w czasie od pokrycia do 110 dnia indywidualnie oraz grupę loch

utrzymywanych w kojcach grupowych, stwierdzano wyższe koncentracje hormonu w drugiej grupie na 23–24 godziny przed porodem. Okazało się to również niezależne od warunków na porodówce (29). Wytlumaczenie różnic w poziomie hormonu, jak wskazują inni autorzy, polega na odmiennej adaptacji na stresory środowiskowe, które choć nie mają bezpośredniego wpływu na poziom prolaktyny, jednak powodują wzrost ilości kortyzolu (24). Stwierdzono także pozytywny wpływ kojców zawierających materiał do budowy gniazda (słoma) w kojcu porodowym, na siedem dni poprzedzających poród, w porównaniu do kojców na ruszcie (28).

Temperatura i długość dnia świetlnego

Trzy niezależne prace dotyczące znaczenia temperatury na porodówce potwierdzają brak wpływu tego parametru, w zakresie temperatur 20–30°C, na poziomy prolaktyny w czasie laktacji (od 9 dnia laktacji; 30, 31, 32).

Długość dnia świetlnego również nie ma wpływu na poziomy prolaktyny. W trzech badaniach, w których zazwyczaj porównywano 8- i 16-godzinny dzień świetlny (w jednym badaniu 8-, 16- i 23-godzinny) w okresach – 104 dzień ciąży – odsadzenie, – 90 dzień ciąży – poród, – 112 dzień ciąży – odsadzenie, nie stwierdzono różnic w tym zakresie (33, 34, 35).

Zarządzanie na porodówce

Zróżnicowane praktyki zarządzania na porodówce mogą wpływać na długość okresu między karmieniami prosiąt przez lochę. Wydłużanie tego okresu ponad normę fizjologiczną i typową dla czasu po porodzie może wpływać na zmniejszenie się poziomu prolaktyny. Przy sztucznie wydłużonym dwugodzinnym okresie między karmieniem prosiąt zaobserwowano zmniejszenie poziomu prolaktyny (25 vs 35 ng/ml). Mimo że po jednorazowym krótszym czasie – 75 minut nie obserwowano negatywnych skutków, to jednak autorzy sugerują negatywny wpływ wydłużonego ponad 1 godzinę okresu między karmieniem prosiąt na poziomy prolaktyny, w perspektywie jednej doby czy jeszcze dłuższego czasu (10, 13).

Standaryzacja miotów polegająca na wcześniejszym częściowym odsadzaniu prosiąt o wyższej masie ciała czy też wymiana całego miotu (w 4, 7, 10 czy 13 dniu laktacji), mimo że wiąże się z przejściowym wzrostem poziomu kortyzolu, nie wpływają na poziomy prolaktyny (36). Mimo takich zabiegów u loch, masa gruczołów mlekowych jest wystarczająca do utrzymania poziomu prolaktyny na poziomie około 40 ng/ml.

Żywnienie

Toksyny

Znany obecnie mechanizm wpływu endotoksyn *Escherichia coli* na redukcję wydzielania prolaktyny u loch po porodzie odkryty w latach 80. XX w. (37, 38) uczestniczy w powstawaniu zespołu *mastitis – metritis agalactia*, jednak moment ich zadziałania w terminie okołoporodowym ma kluczowe znaczenie, jeśli chodzi o wpływ na poziom prolaktyny. Obrazuje to fakt, że podawanie endotoksyny w 2 dniu po porodzie wpływa na obniżenie poziomu prolaktyny, podczas gdy w 6 dniu po porodzie nie wykazano takiego działania. Dowiedziono wrażliwość na działanie endotoksyny *E. coli* w czasie laktogenezy (przed porodem), podczas gdy wraz z każdym dniem po porodzie zależność ta słabnie (39).

Zawartość alkaloidów sporyszu obniża poziom prolaktyny w surowicy, lecz ich wpływ zależy od ilości. Podawanie sporyszu sorgo (*Claviceps africana*) wraz z ziarnem jęczmienia w różnych dawkach (0,3; 0,6; 0,9; 1,2 lub 1,5%) w najwyższej dawce znosiło porodowy szczyt poziomu prolaktyny i blokowało laktację poporodową. Autorzy (40) sugerują, że bezpieczne poziomy sporyszu sorgo nie powinny przekraczać 0,3% dla wieloródek i 0,1% dla pierwiastek. Dowiedziono także, że sporysz podawany w dużych dawkach (3%) zmniejsza wydzielanie prolaktyny także w późnej laktacji (14–28 dzień) od siódmego dnia podawania (41).

Z obserwacji dotyczących mikotoksyn potwierdzono, że skarmianie zboża z dużą ilością zearalenonu powoduje wzrost poziomu prolaktyny u loszek (42). Ta grupa toksyn powoduje hiperestrogenizm, który może wpływać na poziomy różnych hormonów poprzez zakłócenia ich równowagi. Powyższego zjawiska jak dotąd nie potwierdzono u loch.

Restrykcyjne żywnienie

Doświadczalnie zauważono pewne zależności dotyczące wpływu pobierania paszy podczas laktacji na poziom prolaktyny w surowicy. Kiedy w grupach loch porównywano żywnienie *ad libitum* oraz restrykcyjne żywnienie (3 kg), nie stwierdzono istotnych zmian w poziomach hormonu w późnej laktacji (28 dzień; 43). U 43% loch restrykcyjne żywnienie podczas laktacji nie miało wpływu na poziomy prolaktyny w 19 dniu laktacji (32). W pracach, w których zastosowano krótkookresowe (16–24 h) restrykcyjne żywnienie podczas laktacji, obserwowano w tym czasie istotnie niższe poziomy prolaktyny (często porównywalne do poziomów po odsadzeniu), które szybko, po powrocie do

żywnienia *ad libitum*, wracały do wartości typowych dla okresu laktacji (9). Ponadto w czasie restrykcyjnego żywnienia obserwowano brak reakcji na stymulację gruczołów mlekowych przez prosięta (44).

Poziom białka w paszy

Badania dotyczące wpływu poziomu białka w paszy loch na wydzielanie prolaktyny uwidaczniają brak oddziaływania tego czynnika. Lochy o masie ciała 180 oraz 240 kg żywione paszą o niskim poziomie białka surowego (9 oraz 9,7% odpowiednio) podczas laktacji miały porównywalny poziom prolaktyny w 28 dniu laktacji, w porównaniu do grupy żywionej paszą zawierającą 18,3% białka surowego (180 kg; 45). Podobnie było w innym doświadczeniu żywieniowym, w którym podawano paszę zawierającą 7,8; 13; 18,2 i 23,5% białka surowego i nie zaobserwowano różnic w poziomie hormonu w 10, 14, 18 i 22 dniu laktacji (46). Także suplementacja (dodatkowo 18%), w postaci podawanych *in vivo* takich aminokwasów, jak izoleucyna, leucyna, lizyna, treonina czy walina, nie wpłynęła na krótkotrwałą odpowiedź w poziomie prolaktyny w 7 i 10 dniu laktacji (47). Zwiększony dodatek argininy do paszy (1,73 i 1,34% w porównaniu ze standardowym 0,96%) nie spowodował wzrostu poziomu hormonu w 7, 14 i 21 dniu laktacji. Zaobserwowano tymczasem, że lochy utrzymywane w warunkach stresu cieplnego (ok. 30°C) reagowały zmniejszonym poziomem prolaktyny, gdy otrzymywały wyższe ilości argininy (48).

Poziom energii

Zwiększanie poziomu energii strawnej w paszy dla loch (grupa – 67 MJ/d) nie wpłynęło na wzrost poziomu prolaktyny w porównaniu z grupą żywioną na poziomie 45 MJ/d podczas laktacji. W obydwu grupach prolaktyna była w 14 dniu laktacji na podobnym poziomie (49). Specjalny dodatek pewnych (20% dziennego zapotrzebowania energii metabolizowanej, od 95 dnia ciąży) składników energetycznych, takich jak glukoza, olej kukurydziany, nie spowodował wzrostu poziomu hormonu tuż przed porodem i w czasie laktacji (46), podobnie jak skrobia i olej sojowy podawany lochom na porodówce (badanie poziomu prolaktyny w 14 dniu po porodzie; 50) oraz siemienia lnianego, mąki lnianej czy oleju lnianego podawanego od 61 dnia ciąży (badanie poziomu prolaktyny przed porodem i w czasie laktacji; 51).

Włókno paszowe

Pasza zawierająca dużą ilość włókna jest używana u loch w celu łagodzenia problemów związanych z restrykcyjnym

żywieniem. W badaniu, w którym żywiono lochy podczas ciąży paszą o różnej zawartości włókna surowego (2,2; 10,1; 20,4%), najwyższy poziom prolaktyny zaobserwowano u loch, gdzie poziom włókna wynosił 10,1% (52). Z kolei w innym badaniu, kiedy żywiono lochy od 106 dnia ciąży do porodu paszą zawierającą różne, lecz wysokie ilości włókna (23,4 i 13,3%), nie zaobserwowano różnic w poziomie prolaktyny (53). Wysoka zawartość włókna w paszy decydowała o przedporodowym poziomie prolaktyny. Lochy żywione paszą z 11% ilością włókna miały wyższy poziom hormonu w porównaniu do loch otrzymujących tylko 2,8% (53). Mechanizm korzystnego wpływu diety zawierającej dużą ilość włókna surowego polega na ułatwieniu pasażu treści pokarmowej w jelitach, a przez to zredukowaniu negatywnego wpływu endotoksyn. O wpływie tego parametru, oprócz samej ilości włókna, może także decydować jego jakość oraz okres podawania.

Ekstrakty roślinne

Wśród substancji pochodzenia roślinnego na uwagę zasługuje sylimaryna, która jest ekstraktem flawonoidowy pozyskiwanym z łupin nasiennej ostropesty plamistego (*Silybum marianum*). Wykazuje szerokie działanie biologiczne, a także potwierdzone doświadczalnie zwiększanie poziomu prolaktyny u samic szczurów (54). Prace z zakresu zastosowania sylimaryny u loch dotyczyły wpływu dawki oraz czasu podawania na poziom prolaktyny. Dawki w zakresie od 1 do 4 g/dobę przez 8 dni okazały się nieskuteczne, lecz dotyczyły badań na grupach loch w okresie poodrodzeniowym (55). W innym badaniu (56) loszkom od 90 do 110 dnia ciąży podawano sylimarynę w ilości 8 g/dobę w dwóch dawkach dzielonych. Uzyskano ogólnie wzrost poziomu prolaktyny, jednak w analizie pojedynczych surowic efekt ten był istotny w przypadku surowic od loszek w 94 dniu ciąży, czyli po 4 dniach od rozpoczęcia podawania. Stwierdzono pozytywny, lecz przejściowy efekt zastosowania sylimaryny.

Hormony

Prolaktyna

Jak należy się spodziewać, podanie lochom egzogennej prolaktyny zwiększa poziom prolaktyny w surowicy. Koncentracja prolaktyny w surowicy rośnie szybko po podaniu jej w iniekcji (15 mg), osiągając szczyt po około 4 godzinach, a następnie stopniowo spada (57). Moment laktacji, w którym podawana jest prolaktyna, jej dawka i częstotliwość, mają znaczenie w kształtowaniu się hormonu w surowicy

loch (58). Niestety, mimo rejestrowanego wzrostu poziomu prolaktyny po jej podaniu w iniekcji nie stwierdzono wzrostu produkcji mleka w porównaniu z grupą kontrolną (59). Wy tłumaczeniem tego zjawiska jest fakt, że oprócz poziomu tego hormonu ważną jest ilość receptorów w gruczole mlekowym oraz stopień powinowactwa do nich podanej prolaktyny.

Oksytocyna

Pobudzająca rola egzogennej oksytocyny w wydzielaniu prolaktyny jest znana u gryzoni. U loch jednak, pomimo zależności, że stymulacja gruczołów sutkowych przez prosięta powoduje wzrost endogennej oksytocyny oraz prolaktyny, nie potwierdzono doświadczalnie zmian poziomu prolaktyny po podaniu oksytocyny (60).

Tyreoliberyna

Podanie tego hormonu powoduje wzrost poziomu prolaktyny w surowicy, o czym świadczy wiele prac doświadczalnych. Hormon podawano w iniekcji w ilości 1 µg/kg m.c., 2 × dz. od 5 do 25 dnia laktacji (61), 100 µg dożylnie na zwierzę w wczesniej laktacji (39) czy 200 mg w paszy od 111 dnia ciąży do odsadzenia (62, 63). Efekt podawania tego hormonu na poziom prolaktyny słabnie wraz z kolejnym dniem podawania i laktacji.

Piśmiennictwo

- Freeman M.E., Kanyicska B., Lerant A., Nagy G.: Prolactin: structure, function, and regulation of secretion. *Physiol. Rev.* 2000, **80**, 1523–1631.
- Harrell R.J., Thomas M.J., Boyd R.D., Cornell U.: Limitations of sow milk-yield on baby pig growth. *Cornell Nutr. Conf. for Feed Manuf.* 1993, 156–164.
- Foisnet A., Farmer C., David C., Quesnel H.: Relationships between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. *J. Anim. Sci.* 2010, **88**, 1672–1683.
- Dusza L., Krzymowska H.: Plasma prolactin levels in sows during pregnancy, parturition and early lactation. *J. Reprod. Fertil.* 1981, **61**, 131–134.
- Vanlandeghem A.A.J., Vandewiel D.F.M.: Radioimmunoassay for porcine prolactin – plasma-levels during lactation, suckling and weaning and after trh administration. *Acta Endocrinol-Cop.* 1978, **88**, 653–667.
- Farmer C., Robert S., Rushen J.: Bromocriptine given orally to periparturient or lactating sows inhibits milk production. *J. Anim. Sci.* 1998, **76**, 750–757.
- Mulloy A.L., Malven P.V.: Relationships between concentrations of porcine prolactin in blood-serum and milk of lactating sows. *J. Anim. Sci.* 1979, **48**, 876–881.
- Bever M.M., Willemsse A.H., Kruip T.A.M.: Plasma prolactin levels in sow during lactation and post-weaning period as measured by radioimmunoassay. *Biol. Reprod.* 1978, **19**, 628–634.
- Armstrong J.D., Britt J.H., Kraeling R.R.: Effect of restriction of energy during lactation on body condition, energy-metabolism, endocrine changes and reproductive-performance in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 1986, **63**, 1915–1925.
- Spinka M., Illmann G., Stetkova Z., Krejci P., Tomanek M., Sedlak L.: Prolactin and insulin levels in lactating sows in relation to nursing frequency. *Domest. Anim. Endocrin.* 1999, **17**, 53–64.
- Rojkittikhun T., Einarsson S., Uvnasmoberg K., Lundeheim N., Madej A.: Patterns of release of oxytocin, prolactin, insulin and lh in lactating sows, studied using

- continuous blood collection technique. *J. Vet. Med. A.* 1993, **40**, 412–421.
- Valros A., Rundgren A., Spinka M., Saloniemi H., Hulten F., Uvnas-Moberg K.: Oxytocin, prolactin and somatostatin in lactating sows: associations with mobilisation of body resources and maternal behaviour. *Livest. Prod. Sci.* 2004, **85**, 3–13.
- Rushen J., Foxcroft G., Depassille A.M.: Nursing-induced changes in pain sensitivity, prolactin, and somatotropin in the pig. *Physiol. Behav.* 1993, **53**, 265–270.
- Stevenson J.S., Cox N.M., Britt J.H.: Role of the ovary in controlling luteinizing-hormone, follicle-stimulating-hormone, and prolactin secretion during and after lactation in pigs. *Biol. Reprod.* 1981, **24**, 341–353.
- Shaw H.J., Foxcroft G.R.: Relationships between lh, fsh and prolactin secretion and reproductive activity in the weaned sow. *J. Reprod. Fertil.* 1985, **75**, 17–28.
- Farmer C., Palin M.F., Sorensen M.T.: Mammary gland development and hormone levels in pregnant Upton-Meishan and Large White gilts. *Domest. Anim. Endocrin.* 2000, **18**, 241–251.
- Armstrong J.D., Kraeling R.R., Britt J.H.: Effects of naloxone or transient weaning on secretion of lh and prolactin in lactating sows. *J. Reprod. Fertil.* 1988, **83**, 301–308.
- Whitacre M.D., Threlfall W.R.: Effects of ergocryptine on plasma prolactin, luteinizing-hormone, and progesterone in the periparturient sow. *Am. J. Vet. Res.* 1981, **42**, 1538–1541.
- Kraeling R.R., Rampacek G.B., Cox N.M., Kiser T.E.: Prolactin and luteinizing-hormone secretion after bromocryptine (cb-154) treatment in lactating sows and ovariectomized gilts. *J. Anim. Sci.* 1982, **54**, 1212–1220.
- De Renzis F., Quintavalla F., Foxcroft G.R.: Treatment of lactating sows with the dopamine agonist Cabergoline: effects on LH and prolactin secretion and responses to challenges with naloxone and morphine. *Anim. Reprod. Sci.* 1998, **51**, 233–247.
- Farmer C., Sorensen M.T., Petitclerc D.: Inhibition of prolactin in the last trimester of gestation decreases mammary gland development in gilts. *J. Anim. Sci.* 2000, **78**, 1303–1309.
- Farmer C., Petitclerc D.: Specific window of prolactin inhibition in late gestation decreases mammary parenchymal tissue development in gilts. *J. Anim. Sci.* 2003, **81**, 1823–1829.
- VanKlumpen M.K., Manjarin R., Trott J.F., McMicking H.F., Hovey R.C.: Late gestational hyperprolactinemia accelerates mammary epithelial cell differentiation that leads to increased milk yield. *J. Anim. Sci.* 2013, **91**, 1102–1111.
- Smith B.B., Wagner W.C.: Effect of dopamine agonists or antagonists, trh, stress and piglet removal on plasma prolactin concentrations in lactating gilts. *Theriogenology* 1985, **23**, 283–296.
- Farmer C., Palin M.F., Sorensen M.T.: Endocrinology and mammary development of lactating Genex-Meishan and large white sows. *Can. J. Anim. Sci.* 2003, **83**, 731–737.
- Farmer C., Fiset K., Robert S., Quesnel H., Laforest J.P.: Use of recorded nursing grunts during lactation in two breeds of sows. II. Effects on sow performance and mammary development. *Can. J. Anim. Sci.* 2004, **84**, 581–587.
- Quesnel H., Ramaekers P., van Hees H., Farmer C.: SHORT: Relations between peripartum concentrations of prolactin and progesterone in sows and piglet growth in early lactation. *Can. J. Anim. Sci.* 2013, **93**, 109–112.
- Yun J., Swan K.M., Farmer C., Oliviero C., Peltoniemi O., Valros A.: Prepartum nest-building has an impact on postpartum nursing performance and maternal behaviour in early lactating sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2014, **160**, 31–37.
- Damm B.L., Bildsoe M., Gilbert C., Ladewig J., Vestergaard K.S.: The effects of confinement on periparturient behaviour and circulating prolactin, prostaglandin F-2 alpha and oxytocin in gilts with access to a variety of nest materials. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2002, **76**, 135–156.
- Barb C.R., Estienne M.J., Kraeling R.R., Marple D.N., Rampacek G.B., Rahe C.H.: Endocrine changes in sows exposed to elevated ambient-temperature during lactation. *Domest. Anim. Endocrin.* 1991, **8**, 117–127.
- Farmer C., Knight C., Flint D.: Mammary gland involution and endocrine status in sows: Effects of weaning age and lactation heat stress. *Can. J. Anim. Sci.* 2007, **87**, 35–43.
- de Braganca M.M., Mounier A.M., Prunier A.: Does feed restriction mimic the effects of increased ambient temperature in lactating sows? *J. Anim. Sci.* 1998, **76**, 2017–2024.
- Kraeling R.R., Rampacek G.B., Mabry J.W., Cunningham E.L., Pinkert C.A.: Serum concentrations of pituitary and adrenal hormones in female pigs exposed to 2 photoperiods. *J. Anim. Sci.* 1983, **57**, 1243–1250.

34. Niekamp S.R., Sutherland M.A., Dahl G.E., Salak-Johnson J.L.: Photoperiod influences the immune status of multiparous pregnant sows and their piglets. *J. Anim. Sci.* 2006, **84**, 2072–2082.
35. Lachance M.P., Laforest J.P., Devillers N., Laperriere A., Farmer C.: Impact of an extended photoperiod in farrowing houses on the performance and behaviour of sows and their litters. *Can. J. Anim. Sci.* 2010, **90**, 311–319.
36. Farmer C., Robert S.: Multiple crossfosterings: effects on prolactin, growth hormone and cortisol in lactating sows. *Can. J. Anim. Sci.* 2000, **80**, 733–735.
37. Smith B.B., Wagner W.C.: Suppression of prolactin in pigs by *Escherichia coli* endotoxin. *Science* 1984, **224**, 605–607.
38. Pejsak Z., Tarasiuk K.: The occurrence of endotoxin in sows with coliform mastitis. *Theriogenology* 1989, **32**, 335–341.
39. Smith B.B., Wagner W.C.: Effect of *Escherichia coli* endotoxin and thyrotropin-releasing-hormone on prolactin in lactating sows. *Am. J. Vet. Res.* 1985, **46**, 175–180.
40. Kopinski J.S., Blaney B.J., Downing J.A., McVeigh J.F., Murray S.A.: Feeding sorghum ergot (*Claviceps africana*) to sows before farrowing inhibits milk production. *Aust. Vet. J.* 2007, **85**, 169–176.
41. Kopinski J.S., Blaney B.J., Murray S.A., Downing J.A.: Effect of feeding sorghum ergot (*Claviceps africana*) to sows during mid-lactation on plasma prolactin and litter performance. *J. Anim. Physiol. An. N.* 2008, **92**, 554–561.
42. Chen X.X., Yang C.W., Huang L.B., Niu Q.S., Jiang S.Z., Chi F.: Zearalenone Altered the Serum Hormones, Morphologic and Apoptotic Measurements of Genital Organs in Post-weaning Gilts. *Australas. J. Anim. Sci.* 2015, **28**, 171–179.
43. Baidoo S.K., Lythgoe E.S., Kirkwood R.N., Aherne F.X., Foxcroft G.R.: Effect of lactation feed-intake on endocrine status and metabolite levels in sows. *Can. J. Anim. Sci.* 1992, **72**, 799–807.
44. Rojkitikhun T., Uvnasmoberg K., Einarsson S.: Plasma oxytocin, prolactin, insulin and lh after 24-h of fasting and after refeeding in lactating sows. *Acta Physiol. Scand.* 1993, **148**, 413–419.
45. Quesnel H., Mejia-Guadarrama C.A., Dourmad J.Y., Farmer C., Prunier A.: Dietary protein restriction during lactation in primiparous sows with different live weights at farrowing: I. Consequences on sow metabolic status and litter growth. *Reprod. Nutr. Dev.* 2005, **45**, 39–56.
46. Farmer C., Guan X.F., Trottier N.L.: Mammary arteriovenous differences of glucose, insulin, prolactin and IGF-1 in lactating sows under different protein intake levels. *Domest. Anim. Endocrin.* 2008, **34**, 54–62.
47. de Ridder K.A.G., Farmer C., de Lange C.F.M., Shovelier A.K., Luimes P.H.: Plasma amino acids, prolactin, insulin and glucose concentrations in lactating sows following venous infusion of isoleucine, leucine, lysine, threonine or valine. *Can. J. Anim. Sci.* 2014, **94**, 323–330.
48. Laspiur J.P., Farmer C., Kerr B.J., Zanella A., Trottier N.L.: Hormonal response to dietary L-arginine supplementation in heat-stressed sows. *Can. J. Anim. Sci.* 2006, **86**, 373–377.
49. Jones G.M., Rooke J.A., Sinclair A.G., Jagger S., Hoste S., Edwards S.A.: Consequences for body composition at farrowing and nutrient partitioning during lactation of a choice-feeding regime during rearing and pregnancy in gilts of different genotypes. *Lives. Sci.* 2006, **99**, 97–109.
50. Jones G.M., Edwards S.A., Sinclair A.G., Gebbie F.E., Rooke J.A., Jagger S.: The effect of maize starch or soya-bean oil as energy sources in lactation on sow and piglet performance in association with sow metabolic state around peak lactation. *Anim. Sci.* 2002, **75**, 57–66.
51. Farmer C., Giguere A., Lessard M.: Dietary supplementation with different forms of flax in late gestation and lactation: Effects on sow and litter performances, endocrinology, and immune response. *J. Anim. Sci.* 2010, **88**, 225–237.
52. Farmer C., Robert S., Matte J.J., Girard C.L., Martineau G.P.: Endocrine and peripartum behavioral responses of sows fed high-fiber diets during gestation. *Can. J. Anim. Sci.* 1995, **75**, 531–536.
53. Loisel F., Farmer C., Ramaekers P., Quesnel H.: Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 2013, **91**, 5269–5279.
54. Capasso R., Aviello G., Capasso F., Savino F., Izzo A.A., Lembo F.: Silymarin BIO-C (R), an extract from *Silybum marianum* fruits, induces hyperprolactinemia in intact female rats. *Phytomedicine* 2009, **16**, 839–844.
55. Loisel F., Quesnel H., Farmer C.: Effect of silymarin (*Silybum marianum*) treatment on prolactin concentrations in cyclic sows. *Can. J. Anim. Sci.* 2013, **93**, 227–230.
56. Farmer C., Lapointe J., Palin M.F.: Effects of the plant extract silymarin on prolactin concentrations, mammary gland development, and oxidative stress in gestating gilts. *J. Anim. Sci.* 2014, **92**, 2922–2930.
57. King R.H., Pettigrew J.E., McNamara J.P., McMurtry J.P., Henderson T.L., Hathaway M.R.: The effect of exogenous prolactin on lactation performance of first-litter sows given protein-deficient diets during the first pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 1996, **41**, 37–50.
58. Horth S., Laforest J.P., Farmer C.: Dose-response of injected recombinant porcine prolactin on concentrations of prolactin in lactating sows. *Can. J. Anim. Sci.* 1998, **78**, 433–435.
59. Farmer C., Sorensen M.T., Robert S., Petitclerc D.: Administering exogenous porcine prolactin to lactating sows: Milk yield, mammary gland composition, and endocrine and behavioral responses. *J. Anim. Sci.* 1999, **77**, 1851–1859.
60. Kendall J.Z., Richards G.E., Shih L.C.N.: Effect of haloperidol, suckling, oxytocin and hand milking on plasma relaxin and prolactin concentrations in cyclic and lactating pigs. *J. Reprod. Fertil.* 1983, **69**, 271–277.
61. Dubreuil P., Pelletier G., Petitclerc D., Lapiere H., Couture Y., Gaudreau P.: Influence of growth-hormone-releasing factor and (or) thyrotropin-releasing factor on somatotropin, prolactin, triiodothyronine and thyroxine release in growing-pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 1988, **68**, 699–709.
62. Cabell S.B., Esbensen K.L.: Effect of feeding thyrotropin-releasing-hormone to lactating sows. *J. Anim. Sci.* 1990, **68**, 4292–4302.
63. Farmer C.: Altering prolactin concentrations in sows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2016, **56**, 155–164.