

SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WARSZAWIE

AUTOREFERAT

Rola opioidów i katecholamin w regulacji sekrecji
hormonu wzrostu i oksytocyny u owcy w okresie
laktacji

Dr Konrad Górski

Katedra Genetyki i Ogólnej Hodowli Zwierząt

Wydział Nauk o Zwierzętach

Warszawa, 2018

Spis treści

1. Dane osobowe	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (dz. U. 2016 r. Poz. 882 ze zm. W dz. U. Z 2016 r. Poz. 1311.).....	5
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego	5
4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia.....	5
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	7
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych) .	15
6. Podsumowanie dorobku publikacyjnego	20
7. Inne osiągnięcia związane z działalnością dydaktyczną oraz organizacyjną .	20

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: **Konrad Górski**

Miejsce pracy: Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Nauk o Zwierzętach

Katedra Genetyki i Ogólnej Hodowli Zwierząt

ul. Ciszewskiego 8

02-786 Warszawa

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- **2003** - Magister inżynier biotechnologii, specjalność biotechnologia w przemyśle spożywczym.

Międzywydziałowe Studium Biotechnologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Pracę magisterską pt. „*Lokalizacja magnezu w komórkach drożdży piekarskich Saccharomyces cerevisiae Nr 102 wzbogacanych w ten pierwiastek*” wykonana pod kierunkiem dr Stanisława Błażejaka w Zakładzie Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności.

- **2009** - Doktor nauk rolniczych w zakresie zootechniki.

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN; Praca doktorska pt. „*Rola salsolinolu w regulacji sekrecji prolaktyny u owcy we wczesnym okresie laktacji*” wykonana pod kierunkiem dr hab. Tomasza Misztala prof. nadzw. w Zakładzie Endokrynologii.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- **od 2017 do chwili obecnej** - adiunkt w Katedrze Genetyki i Ogólnej Hodowli Zwierząt, Wydział Nauk o Zwierzętach, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.
- **od 2016 do 2017** - adiunkt w Zakładzie Fizjologii Zwierząt, Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN.

- **od 2009 do 2016** - adiunkt w Zakładzie Endokrynologii, Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN.
- **od 2004 do 2009** - asystent w Zakładzie Endokrynologii, Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN.

Staż

- **06.2003 – 02.2004** - Staż w Rowett Research Institute, Department of Development Growth and Function. Zespół prof. H. McArdle. Aberdeen, Wielka Brytania.
- **17 – 30.04.2017** - Staż naukowy w Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie w Zakładzie Chemii i Biodynamiki Żywności.

Najważniejsze szkolenia i kursy

- Studia Podyplomowe Bazy danych i ich zastosowania, Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych, 2016 – 2017.
- Powerful presentations, Accent Business Training, 2016.
- Szkolenie dla osób odpowiedzialnych za planowanie i wykonywanie procedur i doświadczeń na zwierzętach, PoLLASA, 2015.
- Techniki Optymalizacji Western Blotting, Abcam, 2014.
- Gene Expression School, Applied Biosystems, 2009.
- Real Time PCR - kurs zaawansowany, MBS - Serwis dla Biologii Molekularnej, 2007.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (dz. U. 2016 r. Poz. 882 ze zm. W dz. U. Z 2016 r. Poz. 1311.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Rola opioidów i katecholamin w regulacji sekrecji hormonu wzrostu i oksytocyny u owcy w okresie laktacji.

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia

- I.1 **Górski K**, Misztal T, Dobek E, Molik E, Romanowicz K. Regulation of growth hormone secretion in nursing ewes: an involvement of μ -receptor subtype. *Reproduction in Domestic Animals*, 2012, 47, 746-751 (IF = 1,512; 30 pkt. MNiSW).
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu hipotezy badawczej, wykonaniu eksperymentów na zwierzętach, opracowaniu wyników, ich interpretacji, napisaniu wstępnej wersji manuskryptu. Swój udział procentowy szacuję na 55%.
- I.2 **Górski K**, Marciniak E, Zielińska-Górska M, Misztal T. Salsolinol up-regulates oxytocin expression and release during lactation in sheep. *Journal of Neuroendocrinology*, 2016, 28, 12362 (IF = 3,172; 30 pkt. MNiSW).
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu hipotezy badawczej, merytorycznym nadzorze przebiegu i wykonaniu doświadczenia, wykonaniu analiz real-time qPCR i ELISA, opracowaniu wyników i ich interpretacji oraz napisaniu manuskryptu. Swój udział procentowy szacuję na 70%.
- I.3 **Górski K**, Misztal T, Marciniak E, Zielińska-Górska MK, Fülöp F, Romanowicz. K Involvement of salsolinol in suckling induced oxytocin surge in sheep. *Domestic Animal Endocrinology*, 2017, 59, 75-80 (IF = 2,115; 30 pkt. MNiSW).
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu hipotezy badawczej, merytorycznym nadzorze przebiegu doświadczenia, opracowaniu wyników i ich interpretacji oraz napisaniu manuskryptu. Swój udział procentowy szacuję na 60%.
- I.4 **Górski K**, Hasiec M, Zielińska-Górska MK, Fülöp F, Misztal T. Up-regulation of oxytocin receptor gene and protein in the sheep anterior pituitary by a dopamine

derivative (salsolinol). Czech Journal of Animal Science, 2017, 62, 150-156 (IF = 0,988; 30 pkt. MNiSW).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu hipotezy badawczej, merytorycznym nadzorze przebiegu doświadczenia, wykonaniu analiz real-time qPCR i ELISA, a także opracowaniu wyników, ich interpretacji, napisaniu manuskryptu. Swoją udział procentowy szacuję na 70%.

Łączna punktacja prac wchodzących w skład jednotematycznego cyklu publikacji, zgodnie z rokiem opublikowania wynosi:

- wg listy czasopism punktowanych MNiSW - **120 pkt.**
- łączny współczynnik wpływu Impact Factor (IF) – **7,787**

Badania opisane w artykule I.1 finansowane były z projektu nr 2 PO6D 029 30, przyznanego przez MNiSW. Badania opisane w artykułach I.2-I.4 realizowane były w ramach projektu badawczego: N N311 517140 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Laktacja jest procesem fizjologicznym nierozdzielnie związanym z cyklem reprodukcyjnym wszystkich ssaków. Ma ona zagwarantować nowonarodzonemu zwierzęciu dostarczenie odpowiedniej ilości pokarmu – siary i mleka, które we wczesnym okresie życia decydująco wpływają na jego wzrost i rozwój. Zarówno siara i następnie mleko produkowane są przez gruczoł mlekowy, a o prawidłowym przebiegu ich wytwarzania i uwalnianiu decyduje wiele czynników, wśród których najważniejszą rolę odgrywają hormony, takie jak prolaktyna, hormon wzrostu (GH) i oksytocyna.

Laktacja jest tradycyjnie dzielona na dwa oddzielnie regulowane etapy. Pierwszym z nich jest laktogeneza, obejmująca inicjację laktacji poprzez funkcjonalną dyferencjację i sekrecję mleka, a drugim jest galaktopoeza, podczas której produkcja mleka jest podtrzymywana. Bezsprzecznie kluczową rolę w procesie laktogenezy odgrywa hormon prolaktyna, natomiast za galaktopoezę u przeżuwaczy odpowiada GH działając samodzielnie lub wspólnie z prolaktyną (Ben-Jonathan *i wsp.* 2008). Z fizjologicznego punktu widzenia, równie istotnym procesem poza produkcją mleka, jest jego wydzielanie, regulowane przez hormon oksytocynę. Uwalnianie prolaktyny i oksytocyny odbywa się w drodze neuroendokrynnego odruchu stymulowanego poprzez ssanie oraz aktywację podwzgórzowych szlaków sygnałowych, co z kolei skutkuje odmiennymi charakterystykami sekrecji. Pomimo, że neuralny mechanizm uwalniania obu hormonów jest przedmiotem wielu badań, to wciąż wiele aspektów z nimi związanych jest dopiero odkrywanych.

Znanym faktem jest działanie GH na zwiększenie produkcji mleka u krów poprzez stymulację galaktopoezy (Trott *i wsp.* 2008). Hormon ten zwiększa produkcję białek mleka, laktozy i tłuszczu. Stężenie GH w krwi u samic znacząco wzrasta w okresie laktacji, a impuls wywołany przez ssanie powoduje gwałtowny wyrzut tego hormonu z przysadki do krwi obwodowej (Misztal *i wsp.* 2008). Neuroendokrynnym mechanizmem odpowiedzialnym za wyrzut GH i utrzymanie jego wysokiego stężenia był szeroko badany i obecnie wiadomo, że w procesie tym uczestniczy wiele czynników. W badaniach przeprowadzonych na szczurach oraz u bydła wykazano, iż oprócz znanego już regulacyjnego działania neuropeptydów somatoliberyny (GHRH) i somatostatyny (SRIF) (McMahon *i wsp.* 2001), sekrecja GH jest modulowana także poprzez endogenne peptydy opioidowe (EOP) (Vuong *i wsp.* 2010). U szczurów, morfina infundowana do III komory mózgu ponad 3 krotnie zwiększa stężenie GH w krwi (Kato *i wsp.* 1978). Z kolei, po podaniu β -endorfiny, zarówno dożylnie jak

i ośrodkowo, obserwowano zwiększoną sekrecję GH (Katakami *i wsp.* 1981), podczas gdy pod wpływem naloksonu – antagonisty receptorów opioidowych, ten wzrost był stłumiony (Leshin *i wsp.* 1990). Podobną relację stwierdzono w przypadku podania morfiny i naloksonu (Trudeau *i wsp.* 1988). Badania te sugerują, że receptory opioidowe uczestniczą w odpowiedzi GH na działanie EOP. Istnieje kilka typów receptorów opioidowych, jednak w podwzgórzu występują głównie receptory μ i κ . W mózgu wyróżnić można także ekspresję receptora δ , jednakże nie została ona stwierdzona w podwzgórzu. U krów dożylna infuzja DAMME (D-Ala²,N-Me-Phe⁴,Met(O)⁵-ol enkephalin) - agonisty receptorów opioidowych μ/δ , wykazała wzrost stężenia GH w krwi poprzez aktywację receptorów opioidowych zlokalizowanych w barierze krew-mózg (Barnes *i wsp.* 1993; Vuong *i wsp.* 2010).

Prace badawcze wskazujące na udział receptorów opioidowych w stymulacji uwalniania GH stały się podstawą do sformułowania hipotezy badawczej, która zakładała, że u owcy w okresie laktacji w neuroendokrynnym mechanizmie prowadzącym do aktywacji uwalniania GH z przedniego płata przysadki w odpowiedzi na impuls ssania biorą udział różne typy receptorów opioidowych. W celu weryfikacji powyższej hipotezy przeprowadzono badania, w których wykorzystano metodę bezpośredniej dokomorowej infuzji (ang. *intracerebral ventricle*) poszczególnych agonistów receptorów opioidowych: naloksonu – dla wszystkich typów receptorów, naloksonazinu – specyficznego dla typu μ i 5'-guanidynonaltrindolu (GNTI) – specyficznego dla typu κ (**publikacja I.1**). Doświadczenie zostało przeprowadzone na dorosłych owcach będących w 5. tygodniu laktacji. U zwierząt tych wykonano dokomorowe infuzje ww. związków aktywnych w sposób seryjny: pięć trwających 30 minut infuzji (stężenie 60 μ g / 60 μ l każda), w godzinach od 10:00 do 15:00. Poszczególne infuzje podawane były w odstępach 30-min. Eksperyment składał się z dwóch etapów: okresu kiedy jagnięta nie miały dostępu do wymienia matki (między godzinami 10:00 – 12:30) oraz okresu dowolnego dostępu do wymienia matki (między godzinami 12:30 – 15:00). Badania te wykazały, że zarówno nalokson jak i naloksonazyn spowodowały obniżenie stężenia GH w krwi w okresie braku dostępu do wymienia. Podobnie w okresie ssania związki te znacząco ograniczyły wyrzut GH wywołany przez impuls indukowany ssaniem. Natomiast w przypadku GNTI nie stwierdzono jego modulującego wpływu na uwalnianie GH. Wyniki te dowodzą, że endogenne peptydy opioidowe modulują aktywność sekrecyjną przysadkowych komórek somatotropowych u owcy w okresie laktacji. Pomimo, iż nalokson jest antagonistą wszystkich trzech typów (μ , κ i δ) receptorów opioidowych to jednak największe powinowactwo wykazuje względem receptora μ . Zatem podobieństwo w odpowiedzi na ośrodkowe podanie naloksonu oraz specyficznego antagonisty receptora μ

wskazuje, że wpływ opioidów na uwalnianie GH odbywa się głównie poprzez receptor opioidowy μ . Natomiast receptor κ nie uczestniczy w tym mechanizmie.

Kontynuując badania nad problematyką neuroendokrynologicznych mechanizmów regulacji laktacji u owcy, zająłem się aspektem sekrecji oksytocyny oraz możliwego udziału salsolinolu w tym procesie. W badaniach przeprowadzonych w ubiegłych latach w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonie zidentyfikowano rolę salsolinolu w regulacji sekrecji prolaktyny u owcy w okresie laktacji. Salsolinol (1-metylo-6,7-dihydroxy-1,2,3,4-tetrahydro-izochinolina) należy do grupy związków katecholowych i jest syntetyzowany w układzie dopaminergicznym u ludzi i zwierząt. U człowieka, salsolinol kojarzony jest z tymi schorzeniami ośrodkowego układu nerwowego (OUN), których podstawą są zaburzenia funkcji układu dopaminergicznego. Natomiast u zwierząt, obecność salsolinolu wykazano w przysadce w stanach fizjologicznych, którym często towarzyszyła wysoka sekrecja prolaktyny. W badaniach przeprowadzonych na owcach w okresie laktacji nasz zespół wykazał, że pod wpływem ssania stężenie salsolinolu w przestrzeniach międzykomórkowych wyniosłości pośrodkowej i brzuszno-przyśrodkowego podwzgórza wzrasta równoległe z uwalnianiem prolaktyny do krwi (Misztal *i wsp.* 2008). Ponadto, dokomorowa infuzja salsolinolu powoduje zwiększenie uwalniania prolaktyny oraz ekspresję prolaktyny w przednim płacie przysadki mózgowej (Górski *i wsp.* 2010a; Hasic *i wsp.* 2012).

Do przeprowadzenia badań własnych nad udziałem salsolinolu w regulacji sekrecji oksytocyny skłoniły mnie znaczne powiązania pomiędzy oksytocyną i prolaktyną. Głównym źródłem oksytocyny uwalnianej do krwi obwodowej jest tylny płat przysadki, ale miejscem syntezy tego hormonu są dwa podwzgórzowe jądra neuralne: przykomorowe (PVN) i nadwzrokové (SON) (Leng *i wsp.* 2008). U ssaków oksytocyna jest istotna dla uwalniania i wypływu mleka z gruczołu mlekowego. Ssanie wywołuje pulsacyjne uwalnianie oksytocyny z tylnej przysadki do krwi obwodowej, co wywołuje skurcze komórek mioepitelialnych w pęcherzykach, przez co mleko jest transportowane do zatoki mleczej (Svennersten-Sjaunja i Olsson, 2005). Zarówno oksytocyna jak i prolaktyna mają krytyczne znaczenie w rozwoju i utrzymaniu behawioru macierzyńskiego. Oba hormony są także funkcjonalnie powiązane w aspekcie laktacji. U szczurów, wyrzut oksytocyny pod wpływem ssania poprzedza wyrzut prolaktyny (Samson *i wsp.* 1986). Ponadto, wykazano, że oksytocyna bezpośrednio działa na komórki laktotropowe wywołując uwalnianie prolaktyny (Samson i Schell 1995; Gonzalez-Iglesias *i wsp.* 2015). Zatem biorąc pod uwagę powyższe relacje oksytocyny i prolaktyny, zwłaszcza te mające miejsce w okresie laktacji, postawiono hipotezę zakładającą, że salsolinol także uczestniczy w regulacji ekspresji i sekrecji oksytocyny.

W celu ewaluacji hipotezy przeprowadzono doświadczenie (**publikacja I.2**), w którym u owiec w 8. tygodniu laktacji, 48 godz. po odsadzeniu jagniąt, wykonano centralne infuzje salsolinolu. Infuzje były wykonywane seryjnie w następujący sposób: pięć trwających 30 minut infuzji (stężenie 15 μg / 60 μl każda) pomiędzy godzinami 10:00 a 15:00. Poszczególne infuzje podawane były w odstępach 30 minutowych. Przeprowadzone badania wykazały, że salsolinol oddziałujący na poziomie podwzgórza moduluje ekspresję oksytocyny oraz uwalnianie tego hormonu do krwi obwodowej. Stwierdzono, że salsolinol podany do III komory mózgu, stymuluje ekspresję genów oksytocyny i peptydyloglicyno α -amidującej monooksygenazy (PAM), końcowego enzymu w szlaku syntezy oksytocyny, w PVN, SON i tylnej części przysadki. Efektem działania podanego salsolinolu było także zwiększenie ekspresji białka oksytocyny w tylnej części przysadki oraz zwiększenie uwalniania tego hormonu do krwi obwodowej. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że salsolinol może być ważnym czynnikiem biorącym udział w mechanizmie regulacji sekrecji oksytocyny u owcy w okresie laktacji.

Kolejnym etapem prac nad regulacją sekrecji oksytocyny u owcy w okresie laktacji było wyjaśnienie udziału salsolinolu w wyrzucie oksytocyny, jaki ma miejsce pod wpływem impulsu wywołanego ssaniem (**publikacja I.3**). W badaniach wykorzystano jedyny zidentyfikowany strukturalny analog salsolinolu: 1-metylo-3,4-dihydroisoquinoline (1MeDIQ), który antagonizuje jego działanie. W poprzednich badaniach wykazano, że u owiec w okresie laktacji 1MeDIQ, podany do III komory mózgu, zmniejsza podstawowe uwalnianie prolaktyny oraz hamuje wyrzut tego hormonu indukowany przez ssanie (Górski *i wsp.* 2010b; Misztal *i wsp.* 2010). Ponadto, w warunkach stresogennych 1MeDIQ zmniejsza stężenie salsolinolu, a zwiększa stężenie kortykoliberyny w wyniosłości pośrodkowej (Hasięc *i wsp.* 2014). W podjętych badaniach własnych analizowano, czy zablokowanie działania salsolinolu w ośrodkowym układzie nerwowym negatywnie wpłynie na wyrzut oksytocyny stymulowany przez ssanie. Doświadczenie przeprowadzono na owcach będących w 5. tygodniu laktacji, którym towarzyszyły karmione jagnięta. U owiec wykonano 4 infuzje 1MeDIQ trwające po 30-min (15 μg / 60 μl każda), w odstępach 30-min. od godz. 10:00 do 14:00. Doświadczenie było podzielone na dwa etapy: od godz. 10:00 do 12:00 okres kiedy jagnięta nie miały dostępu do wymienia matki i od godz. 12:00 do 14:00 okres swobodnego dostępu do wymienia matki. Otrzymane wyniki ujawniły, że 1MeDIQ hamuje wyrzut oksytocyny wywołany przez ssanie, a mechanizm działania 1MeDIQ może dotyczyć aktywacji neuronów oksytocynoergicznych przez oksytocynę uwalnianą centralnie tj. wewnątrz OUN. Neurony oksytocynoergiczne wykazują zsynchronizowane silne wyzwolenia

potencjałów (*ang. burst-firing*), co jest wymagane, aby odpowiednia ilość oksytocyny została uwolniona do krwi i wywołała wypływ mleka (Belin i Moos 1986; Leng i Russell 2016). Z kolei oksytocyna pochodzenia centralnego ma krytyczne znaczenie dla inicjacji podwyższonej aktywności elektrycznej neuronów oksytocynoergicznych. Ponieważ salsolinol stymuluje syntezę oksytocyny w PVN i SON (co wykazano w **publikacji I.2**), centralnie uwolniona oksytocyna może aktywować wysoką aktywność neuronów oksytocynoergicznych. Jednak zablokowanie działania salsolinolu przez 1MeDIQ może zmniejszyć centralną sekrecję oksytocyny w tych neuronach i nie dopuścić do wyzwoleń potencjałów, co w konsekwencji może zmniejszyć wyrzuty oksytocyny w tylnej części przysadki pomimo stymulacji przez ssanie. Badanie to dowodzi, że salsolinol jest ważnym czynnikiem, który jest wymagany w mechanizmie wyrzutu oksytocyny z tylnej części przysadki do krwi, pod wpływem impulsu generowanego ssaniem.

Kolejne badania koncentrowały się na tematyce regulacji sekrecji prolaktyny z przedniej części przysadki mózgowej, na poziomie ośrodkowego układu nerwowego. Oksytocyna oddziałuje na miejsca docelowe poprzez swój specyficzny receptor (OTR). Ekspresja OTR została odkryta w przedniej części przysadki mózgowej, a poziom tej ekspresji wzrasta w okresie ciąży (Breton *i wsp.* 1995; Zingg i Laporte 2003). Z kolei oksytocyna, która dociera do przedniej części przysadki z wyniosłości pośrodkowej poprzez krążenie wrotne oraz z tylnej części przysadki poprzez krótkie naczynia wrotne, stymuluje sekrecję prolaktyny (Samson *i wsp.* 1986; Samson i Schell 1995; Kennett i McKee 2012). Ponadto, badania Kennett *i wsp.* (2009) wykazały, że dożylne podanie antagonisty oksytocyny hamuje wyrzut prolaktyny z przysadki do krwi stymulowany ssaniem, co wskazuje na istotną rolę oksytocyny w regulacji sekrecji prolaktyny. Poszukując powiązania między salsolinolem a aktywnością oksytocyny założono, że salsolinol wpływa na regulację ekspresji OTR. Zatem celem przeprowadzonych badań własnych było określenie zmian ekspresji OTR – genu i białka, w przedniej części przysadki mózgowej, porównanie poziomu tej ekspresji pomiędzy okresem laktacji i anestrалnym oraz zbadanie wpływu centralnie podanego salsolinolu na ekspresję OTR.

Eksperyment był wykonany na dwóch grupach owiec. W grupie I, znalazły się owce w okresie anestrалnym. Natomiast grupę II, stanowiły owce będące w okresie laktacji, 48 godz. po odsadzeniu 8-tygodniowych jagniąt (publikacja **I.4**). U zwierząt wykonano infuzje salsolinolu w taki sam sposób jaki opisano w publikacji nr **I.2**. Analiza wyników badań wykazała sezonowe zmiany ekspresji genu i białka OTR w przednim płacie przysadki mózgowej u samicy owcy. Zanotowano zwiększoną ekspresję genu i białka OTR u owiec

w okresie laktacji w porównaniu do owiec w okresie anestrалnym. Salsolinol, podany do OUN, wykazał stymulujące działanie na ekspresję OTR (genu i białka) w przedniej części przysadki u owiec w okresie anestrалnym. U owiec w okresie laktacji związek ten nie wykazał modulującego działania. Wyniki te świadczą o tym, iż ekspresja OTR podlega regulacji przez salsolinol. Zwiększona ekspresja OTR w przedniej części przysadki mózgowej u owiec w okresie laktacji może być związana ze stymulacją komórek laktotropowych przysadki przez oksytocynę, czego konsekwencją jest uwalnianie prolaktyny.

Podsumowanie wyników badań stanowiących podstawę habilitacji

Przedstawiony w Osiągnięciu cykl publikacji pozwolił na pogłębienie wiedzy na temat mechanizmów regulacji sekrecji hormonów w okresie laktacji. Przeprowadzone badania wykazały, że endogenne peptydy opioidowe biorą udział w stymulacji uwalniania GH, u owcy w okresie laktacji. Wpływ opioidów na uwalnianie GH odbywa się głównie poprzez receptor opioidowy μ . Natomiast receptor κ nie uczestniczy w tym mechanizmie. Wyniki doświadczeń pozwoliły w końcowym efekcie określić rolę salsolinolu w sekrecji oksytocyny w okresie laktacji. Salsolinol okazał się być istotnym czynnikiem, który stymuluje ekspresję oksytocyny w podwzgórzcu i przysadce jak również jej uwalnianie. Jest on także niezbędny do aktywacji neuronów oksytocynoergicznych i wyrzutu oksytocyny w odpowiedzi na impuls ssania. Można na tej podstawie uznać, że salsolinol jest kluczowym związkiem biorącym udział w regulacji sekrecji oksytocyny u owiec w okresie laktacji. Ponadto salsolinol reguluje ekspresję OTR w przedniej przysadce, co w okresie laktacji może być związane ze stymulacją komórek laktotropowych przez oksytocynę, czego konsekwencją jest uwalnianie prolaktyny.

Bibliografia

- Barnes MA, Akers RM i Pearson RE 1993 calves A Synthetic Opioid Peptide Increases Plasma Growth Hormone and Prolactin in Holstein Calves. *Journal of Animal Science* 1004–1009.
- Belin V i Moos F 1986 Paired recordings from supraoptic and paraventricular oxytocin cells in suckled rats: recruitment and synchronization. *The Journal of Physiology* 377 369–390. (doi:10.1113/jphysiol.1986.sp016192)
- Ben-Jonathan N, LaPensee CR i LaPensee EW 2008 What can we learn from rodents about prolactin in humans? *Endocrine Reviews* 29 1–41. (doi:10.1210/er.2007-0017)
- Breton C, Pechoux C, Morel G i Zingg HH 1995 Oxytocin receptor messenger ribonucleic acid: characterization, regulation, and cellular localization in the rat pituitary gland. *Endocrinology*

- 136 2928–2936. (doi:10.1210/endo.136.7.7540544)
- Gonzalez-Iglesias AE, Fletcher PA, Arias-Cristancho JA, Cristancho-Gordo R, Helena C V, Bertram R i Tabak J 2015 Direct stimulatory effects of oxytocin in female rat gonadotrophs and somatotrophs in vitro: comparison with lactotrophs. *Endocrinology* 156 600–612. (doi:10.1210/en.2014-1543)
- Górski K, Romanowicz K, Herman A, Molik E, Gajewska A, Tomaszewska-Zaremba D i Misztal T 2010a The possible involvement of salsolinol and hypothalamic prolactin in the central regulatory processes in ewes during lactation. *Reproduction in Domestic Animals* 45 e54–e60. (doi:10.1111/j.1439-0531.2009.01521.x)
- Górski K, Romanowicz K, Molik E, Fülöp F i Misztal T 2010b Effects of salsolinol and its antagonistic analogue, 1-MeDIQ, on growth hormone release in nursing sheep. *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 70 20–27. (doi:7003 [pii])
- Hasic M, Herman AP, Molik E, Dobek E, Romanowicz K, Fülöp F i Misztal T 2012 The stimulatory effect of salsolinol on prolactin gene expression within the anterior pituitary of lactating sheep: In vivo and in vitro study. *Small Ruminant Research* 102 202–207. (doi:10.1016/j.smallrumres.2011.07.011)
- Hasic M, Tomaszewska-Zaremba D i Misztal T 2014 Suckling and Salsolinol Attenuate Responsiveness of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis to Stress: Focus on Catecholamines, Corticotrophin-Releasing Hormone, Adrenocorticotrophic Hormone, Cortisol and Prolactin Secretion in Lactating Sheep. *Journal of Neuroendocrinology* 26 844–852. (doi:10.1111/jne.12222)
- Katakami H, Kato Y, Matsushita N, Hiroto S, Shimatsu A i Imura H 1981 Involvement of Alpha-Adrenergic Mechanisms in Growth Hormone Release Induced by Opioid Peptides in Conscious Rats. *Neuroendocrinology* 33 129–135. (doi:10.1159/000123216)
- Kato Y, Iwasaki Y, Abe H, Ohgo S i Imura H 1978 Effects of endorphins on prolactin and growth hormone secretion in rats. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Society for Experimental Biology and Medicine (New York, N.Y.)* 158 431–436.
- Kennett JE i McKee DT 2012 Oxytocin: an emerging regulator of prolactin secretion in the female rat. *Journal of Neuroendocrinology* 24 403–412. (doi:10.1111/j.1365-2826.2011.02263.x)
- Kennett JE, Poletini MO, Fitch CA i Freeman ME 2009 Antagonism of oxytocin prevents suckling- and estradiol-induced, but not progesterone-induced, secretion of prolactin. *Endocrinology* 150 2292–2299. (doi:10.1210/en.2008-1611)
- Leng G i Russell JA 2016 The Peptide Oxytocin Antagonist F-792, When Given Systemically, Does Not Act Centrally in Lactating Rats. *Journal of Neuroendocrinology* 28 1–8. (doi:10.1111/jne.12331)
- Leng G, Meddle SL i Douglas AJ 2008 Oxytocin and the maternal brain. *Current Opinion in Pharmacology* 8 731–734. (doi:10.1016/j.coph.2008.07.001)

- Leshin LS, Rund L a., Thompson FN, Mahaffey MB, Chang WJ, Byerley DJ i Kiser TE 1990 Serum prolactin and growth hormone responses to naloxone and intracerebral ventricle morphine administration in heifers. *Journal of Animal Science* 68 1656–1665.
- McMahon C., Radcliff R., Lookingland K. i Tucker H. 2001 Neuroregulation of growth hormone secretion in domestic animals. *Domestic Animal Endocrinology* 20 65–87. (doi:10.1016/S0739-7240(01)00084-4)
- Misztal T, Górski K, Tomaszewska-Zaremba D, Molik E i Romanowicz K 2008 Identification of salsolinol in the mediobasal hypothalamus of lactating ewes and its relation to suckling-induced prolactin and GH release. *Journal of Endocrinology* 198 83–89. (doi:10.1677/JOE-07-0640)
- Misztal T, Górski K, Tomaszewska-Zaremba D, Fülöp F i Romanowicz K 2010 Effects of a structural analogue of salsolinol, 1-MeDIQ, on pituitary prolactin release and dopaminergic activity in the mediobasal hypothalamus in nursing sheep. *Brain Research* 1307 72–77. (doi:10.1016/j.brainres.2009.10.033)
- Samson WK i Schell DA 1995 Oxytocin and the anterior pituitary gland. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 395 355–364.
- Samson WK, Lumpkin MD i McCann SM 1986 Evidence for a physiological role for oxytocin in the control of prolactin secretion. *Endocrinology* 119 554–560. (doi:10.1210/endo-119-2-554)
- Svennersten-Sjaunja K i Olsson K 2005 Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology* 29 241–258. (doi:10.1016/j.domaniend.2005.03.006)
- Trott JF, Vonderhaar BK i Hovey RC 2008 Historical perspectives of prolactin and growth hormone as mammogens, lactogens and galactagogues--agog for the future! *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* 13 3–11. (doi:10.1007/s10911-008-9064-x)
- Trudeau VL, Meijer JC, van de Wiel DF, Bevers MM i Erkens JH 1988 Effects of morphine and naloxone on plasma levels of LH, FSH, prolactin and growth hormone in the immature male pig. *The Journal of Endocrinology* 119 501–508.
- Vuong C, Van Uum SHM, O'Dell LE, Lutfy K i Friedman TC 2010 The effects of opioids and opioid analogs on animal and human endocrine systems. *Endocrine Reviews* 31 98–132. (doi:10.1210/er.2009-0009)
- Zingg HH i Laporte SA 2003 The oxytocin receptor. *Trends in Endocrinology i Metabolism* 14 222–227. (doi:10.1016/S1043-2760(03)00080-8)

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych)

Spis innych (nie wchodzących w skład osiągnięcia wymienionego w pkt 4.2) opublikowanych prac naukowych

- II.1. Błażej S, Duszkiewicz-Reinhard W, Gniewosz M, **Górski K**. An attempt to localise magnesium in the cells of baker's yeasts *saccharomyces cerevisiae* no. 102 supplemented with this element. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2006, 6, #08. 12 pkt. MNiSW).
- II.2. **Górski K**, Taciak M, Romanowicz K, Misztal T. Differential effects of soy-containing diets on the reproductive tissues growth and reproductive hormone secretion in male rats. *Reprod Biol*. 2006, 6, 275-290 (IF 1,486; 15 pkt. MNiSW).
- II.3. Misztal T, Wańkowska M, **Górski K**, Romanowicz K. Central estrogen-like effect of genistein on growth hormone secretion in the ewe. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2007, 67, 411-419 (IF 1,732; 20 pkt. MNiSW).
- II.4. **Górski K**, Gajewska A, Romanowicz K, Misztal T. Genistein-induced pituitary prolactin gene expression and prolactin release in ovariectomized ewes following a series of intracerebroventricular infusions. *Reprod Biol*. 2007, 7, 233-246 (IF 1,486; 15 pkt. MNiSW).
- II.5. Misztal T, **Górski K**, Romanowicz K. Differential endocrine response in rams to intracerebroventricular infusion of genistein. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2008, 68, 43-50 (IF 1,723; 20 pkt. MNiSW).
- II.6. Misztal T, **Górski K**, Tomaszewska-Zaremba D, Molik E, Romanowicz K. Identification of salsolinol in the mediobasal hypothalamus of lactating ewes and its relation to suckling-induced prolactin and GH release. *J Endocrinol*. 2008, 198, 83-89 (IF 4,038; 30 pkt. MNiSW).
- II.7. **Górski K**, Romanowicz K, Herman A, Molik E, Gajewska A, Tomaszewska-Zaremba D, Misztal T. The possible involvement of salsolinol and hypothalamic prolactin in the central regulatory processes in ewes during lactation. *Reprod Domest Anim.*, 2010, 45, e54-e60 (IF 1,512; 30 pkt. MNiSW).
- II.8. Misztal T, **Górski K**, Tomaszewska-Zaremba D, Fülöp F, Romanowicz K. Effects of a structural analogue of salsolinol, 1-MeDIQ, on pituitary prolactin release and dopaminergic activity in the mediobasal hypothalamus in nursing sheep. *Brain Res*. 2010, 1307, 72-77 (IF 2,856; 25 pkt. MNiSW).
- II.9. **Górski K**, Romanowicz K, Molik E, Fulop F, Misztal T. Effects of salsolinol and its antagonistic analogue, 1-MeDIQ, on growth hormone release in nursing sheep. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2010, 70, 20-27 (IF 1,732; 20 pkt. MNiSW).

- II.10. Misztal T, Tomaszewska-Zaremba D, **Górski K**, Romanowicz K. Opioid-salsolinol relationship in the control of prolactin release during lactation. *Neuroscience*. 2010, 170, 1165-1171 (IF 3,204; 25 pkt. MNiSW).
- II.11. Dobek E, **Górski K**, Romanowicz K, Misztal T. Different types of opioid receptors involved in the suppression of LH secretion in lactating sheep. *Animal Reproduction Science*, 2013, 141, 62-67 (IF 1,863; 30 pkt. MNiSW).
- II.12. Zielinska MK, **Górski K**. Nanobiotechnology in reproduction – pros and cons. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2015, 24, 179-192 (IF 0,752; 20 pkt. MNiSW).
- II.13. Marciniak E, **Górski K**, Hasiec M, Misztal T. Hypothalamic-pituitary GnRH/LH axis activity is affected by salsolinol in sheep during lactation: Effects of intracerebroventricular infusions of salsolinol and its antagonizing analogue. *Theriogenology*, 2016, 86, 1931-1938 (IF=2,154; 35 pkt. MNiSW).
- II.14. Zielińska-Górska MK, Sawosz E, **Górski K**, Chwalibog A. Does nanobiotechnology create new tools to combat microorganisms? *Nanotechnology Reviews*, 2016, doi: 10.1515/ntrev-2016-0042 (IF=2,044; 25 pkt. MNiSW).
- II.15. Gajewska A, Zielińska-Górska M, Wasilewska-Dziubinska E, Baran M, Kotarba G, **Górski K**. Pituitary galaninergic system activity in female rats: the regulatory role of gonadal steroids. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2016, 67, 423-429 (IF=2,572; 25 pkt. MNiSW).
- II.16. Hasiec M, Szlis M, Chmielewska N, **Górski K**, Romanowicz K, Misztal T. Effect of Salsolinol on ACTH and Cortisol Response to Handling Stress in Early Anestrous Sheep. *Czech J. Anim. Sci.*, 2017, 62, 130–139 (IF 0,988; 30 pkt. MNiSW).

Pracą naukową zajmuję się od 2003 roku, kiedy ukończyłem Międzywydziałowe Studium Biotechnologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W latach 2003 – 2004 odbyłem staż w Rowett Research Institute, Aberdeen w Szkocji w zakładzie Development Growth and Function. Zespół prof. H. McArdle, którego byłem członkiem, zajmował się tematyką suplementacji żelaza w diecie ciężarnych samic szczura. Podczas stażu badałem ekspresję białek wiążących oraz transportujących jony żelaza metodami western blotting i ELISA.

Po powrocie do Polski w 2004 roku podjąłem pracę w Zakładzie Endokrynologii w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN w Jabłonie. Pod kierunkiem prof. dr hab. Tomasza Misztala zająłem się zagadnieniem udziału fitoestrogenów w regulacji aktywności układu endokrynnego. Fitoestrogeny to grupa niesteroidowych związków pochodzenia roślinnego o budowie i funkcji podobnej do naturalnych estrogenów.

Głównymi źródłami fitoestrogenów w diecie są rośliny z grupy krzyżowych i bobowatych, do których należy m.in. soja. Pierwsze badania przeprowadzono na samcach szczura w różnych stadiach wiekowych, które w diecie otrzymywały produkty pochodzenia sojowego (**publikacja II.2**). Badania podzielono na dwa doświadczenia. W pierwszym doświadczeniu efekt działania fitoestrogenów sojowych sprawdzono u potomstwa płci męskiej, których matki otrzymywały dietę wzbogaconą w soję, w dwóch istotnych okresach życia – po odsadzeniu (22. dzień życia) i po uzyskaniu dojrzałości (60. dzień życia). W drugim doświadczeniu zbadano wpływ dodatku soi w diecie u dorosłych samców szczurów, w dniach 160 i 280 po urodzeniu. Istotne zmiany odnotowano u szczurów w 60. dniu życia oraz u dorosłych samców w wieku 160 dni. Stwierdzono wpływ fitoestrogenów pochodzenia sojowego na podwyższenie stężenia testosteronu, hormonu luteinizującego (LH) i prolaktyny w krwi oraz podwyższenie masy jąder i najądrzy. Badania te wskazują, że dodatek soi w diecie ma potencjalnie niekorzystny wpływ na wzrost i rozwój organów rozrodczych oraz na aktywność układu endokrynnego samców. W szczególności dieta zwierząt doświadczalnych powinna być rozważnie dobierana, tak aby uniknąć zaburzeń ze strony układu rozrodczego.

Kolejną serię badań poświęcono należącemu do flawonoidów fitoestrogenowi genisteinie. Związek ten wykazuje silną aktywność estrogenową i jest najbardziej rozpowszechniony wśród fitoestrogenów sojowych. Badania nad wpływem genisteiny na sekrecję hormonów przedniej przysadki, zostały wykonane na owcach, którym genisteinę podawano do III komory mózgu (**publikacja II.3**). Infuzje wykonywano przez 4 godziny, a dawka genisteiny wynosiła 10 $\mu\text{g}/100\ \mu\text{l}/\text{h}$. W okresie krótkiego dnia (listopad – grudzień) genisteina zwiększyła zarówno ekspresję mRNA prolaktyny jak też uwalnianie tego hormonu u owariotomizowanych owiec. Odnotowano także wzrost uwalniania hormonu wzrostu oraz obniżenie jego ekspresji w przedniej części przysadki (**publikacja II.4**). W okresie dnia krótkiego, u baranów po infuzjach genisteiny w godzinach nocnych (19 – 22), obserwowano obniżenie uwalniania melatoniny i LH do krwi (**publikacja II.5**). Badania te wykazały, że genisteina wywiera działanie na sekrecję prolaktyny i hormonu wzrostu w sposób podobny do estradiolu. Działanie genisteiny na układ endokrynnny może się także odbywać na poziomie OUN.

W kolejnych pracach wykonywanych pod kierunkiem prof. dr hab. Tomasza Misztala zająłem się tematem hormonalnej regulacji procesów laktacji u owiec. W badaniach tych skupiłem się nad poznaniem funkcji salsolinolu w regulacji sekrecji prolaktyny. Salsolinol (1-metylo-6,7-dihydroksy-1,2,3,4-tetrahydro-izochinolina) należy do grupy związków

katecholowych i jest syntetyzowany w układzie dopaminergicznym u ludzi i zwierząt. U człowieka salsolinol kojarzony jest ze schorzeniami OUN, których podstawą są zaburzenia funkcji układu dopaminergicznego. U zwierząt obecność salsolinolu wykazano natomiast w przysadce, w stanach fizjologicznych, którym często towarzyszy wysoka sekrecja prolaktyny. Prace te były finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach grantu 2PO6D 029 30. W badaniach zastosowano model *in vivo*, w którym u owiec w 2. miesiącu ciąży, implantowano przy użyciu aparatu stereotaksycznego kaniule prowadzące do brzuszno-przyśrodkowego podwzgórza (MBH) lub do III komory mózgu. Dla określenia stężenia salsolinolu oraz zmian jego koncentracji pod wpływem ssania pobierano od owiec-matek perfuzaty z MBH metodą push-pull (**publikacja II.6**). W celu zbadania wpływu salsolinolu na uwalnianie prolaktyny do krwi oraz na ekspresję mRNA genu prolaktyny w przednim płacie przysadki i w MBH wykonano infuzje egzogenego związku lub jego antagonisty (1-metylo-3,4-dihydroizochinolina, 1-MeDIQ) do III komory mózgu. U owiec przeprowadzono 5-godzinne kolekcje krwi, co 10 minut. Otrzymane wyniki wykazały obecność salsolinolu w perfuzatach pobranych z MBH od owiec we wczesnym okresie laktacji. Stwierdzono, że impuls ssania stymulował wydzielanie salsolinolu do przestrzeni międzykomórkowych MBH, a stężenie badanego związku wzrastało równoległe ze wzrostem stężenia prolaktyny w krwi obwodowej. Ponadto wykazano, że egzogeny salsolinol, w sposób zależny od dawki, stymuluje uwalnianie prolaktyny do krwi (**publikacja II.7**). U owiec-matek stwierdzono wysoką ekspresję mRNA dla prolaktyny w przedniej części przysadki i w MBH, w porównaniu z ekspresją tego mRNA u owiec jałowych. W zastosowanym układzie doświadczalnym egzogeny salsolinol nie spowodował jednak istotnych zmian w ekspresji mRNA dla prolaktyny w przysadce i MBH. Stwierdzono również, że 1-MeDIQ, infundowany do III komory u karmiących owiec, efektywnie hamuje uwalnianie prolaktyny i blokuje, wywołany impulsem ssania, wyrzut tego hormonu (**publikacja II.8**). Otrzymane wyniki ujawniły, że w okresie laktacji salsolinol jest syntetyzowany w podwzgórzu u owcy i może być uważany za kluczowy neurotransmitter, stymulujący uwalnianie prolaktyny do krwi pod wpływem impulsu ssania. Przedstawione wyniki zostały zawarte w mojej pracy doktorskiej pt. „Rola salsolinolu w regulacji sekrecji prolaktyny u owcy we wczesnym okresie laktacji” wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Tomasza Misztala i obronionej z wyróżnieniem w 2009 roku. Kontynuacją tych badań było wykazanie wpływu salsolinolu na uwalnianie GH u owiec w okresie laktacji (**publikacja II.9**). Salsolinol podany do OUN zwiększył stężenie GH w krwi. Z kolei zablokowanie

działania salsolinolu obniżyło uwalnianie badanego hormonu, lecz nie wpłynęło na wyrzut GH stymulowany ssaniem.

Brałem także udział w badaniach nad wpływem endogennych peptydów opioidowych (EOP) na uwalnianie prolaktyny i LH u owcy w okresie laktacji. Badania te były rozszerzeniem wyników opisanych w publikacji I.1, gdzie podano szczegółowy opis wykonania doświadczenia. Wykazano, że EOP są niezbędne dla uwalniania prolaktyny, a ich działanie odbywa się głównie przez receptor opioidowy μ (**publikacja II.10**). Stwierdzono także, że w okresie laktacji EOP działają hamująco na uwalnianie LH (**publikacja II.11**).

Oprócz badań wykonywanych w ramach projektów, których byłem kierownikiem (N N311 517140) uczestniczyłem w badaniach nad wpływem salsolinolu na aktywność osi gonadotropowej: podwzgórze - przysadka - gonady (**publikacja II.13**). Badania te wykazały, że zablokowanie działania salsolinolu obniża syntezę gonadoliberyny (GnRH) w podwzgórze i stężenie LH w krwi u owiec w okresie laktacji. Ponadto stwierdzono, że salsolinol stymuluje uwalnianie LH z przysadki. Dodatkowo, w ramach badań statutowych Instytutu, uczestniczyłem też w doświadczeniach prowadzonych pod kierownictwem dr hab. Aliny Gajewskiej, których celem było zbadanie udziału receptorów estrogenowych w modulacji układu galaninergecznego w przedniej części przysadki samicy szczura (**publikacja II.15**). Uzyskane wyniki ujawniły, że estradiol stymuluje ekspresję mRNA dla receptora typu 1 dla galaniny wyłącznie poprzez aktywację receptora estrogenowego α , natomiast w pobudzeniu receptora typu 2 dla galaniny bierze udział przede wszystkim receptor estrogenowy β .

W latach 2013-2015 uczestniczyłem w projekcie NCN (2012/05/N/NZ9/01581) dotyczącym udziału salsolinolu w modulacji aktywności osi podwzgórze - przysadka - nadnercza u owiec. W sytuacji stresogennej obserwuje się podwyższenie ekspresji i uwalniania adrenokortykotropiny (ACTH) i kortyzolu. Badania te wykazały, że salsolinol zmniejszył odpowiedź ACTH i kortyzolu na stres u owiec w okresie anestrалnym (**publikacja II.16**). W przypadku ACTH wyniki sugerują, że działanie salsolinolu odbywa się raczej na poziomie uwalniania niż syntezy.

W kwietniu 2017 r. odbyłem 2-tygodniowy staż w Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie w Zakładzie Chemii i Biodynamiki Żywności pod kierunkiem dr Ewy Ciskiej, gdzie szkoliłem się w analizie amin biogennych metodą wysokosprawnej chromatografii ciekowej z detektorem elektrochemicznym.

6. Podsumowanie dorobku publikacyjnego

Podsumowanie całego dorobku publikacyjnego

Sumaryczny Impact Factor	37,929
Liczba punktów wg wykazu MNiSW	497
Indeks Hirsch'a wg bazy Web of Science	6
Liczba cytowań wg bazy Web of Science	109

Zestawienie publikacji z wyłączeniem osiągnięcia naukowego

Publikacje									
Rodzaj publikacji	Przed doktoratem			Po doktoracie			Ogółem		
	N	IF	P	N	IF	P	N	IF	P
Publikacje w czasopismach z listy A MNiSW	6	10,465	107	10	19,677	265	16	30,142	372
Doniesienia konferencyjne	11	-	-	28	-	-	39	-	-
Łącznie	17	10,465	112	38	19,677	265	55	30,142	377

N – liczba publikacji

IF – impact factor wg bazy Journal Citation reports zgodnie z rokiem opublikowania

P – punkty wg wykazu czasopism punktowanych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania

7. Inne osiągnięcia związane z działalnością dydaktyczną oraz organizacyjną

Od roku akademickiego 2017/2018 prowadzę zajęcia dydaktyczne ze studentami Wydziału Nauk o Zwierzętach na kierunkach Zootechnika, Bioinżynieria Zwierząt oraz Hodowla i Ochrona Zwierząt Towarzystających i Dzikich, a także Wydziału Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu na kierunku Biotechnologia.

Przedmioty, za które byłem lub wciąż jestem odpowiedzialny, lub w których przygotowaniu biorę aktywny udział to:

- Genetyka

- Statystyka matematyczna
- Technologia informacyjna
- Zasady postępowania ze zwierzętami doświadczalnymi
- Projektowanie badań modelowych

Działalność organizacyjna:

W ramach działalności organizacyjnej **pełniłem funkcję skarbnika w Towarzystwie Biologii Rozrodu** – Oddział Warszawa w latach 2012 – 2017. Byłem też **współorganizatorem I Kongresu Zootechniki Polskiej**, Warszawa, 21-22.06.2018.

Działalność z zakresu popularyzacji nauki:

Brałem udział w Festiwalu Nauki organizowanym przez Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. J. Kielanowskiego PAN w latach 2011-2016. Mój udział polegał na współprowadzeniu zajęć pt. „Co było pierwsze jajko czy kura”, „Sekrety kuchni molekularnej”, „Czy na pewno: pij mleko?”

Byłem też współorganizatorem projektu, finansowanego przez MNiSW (nr umowy 0039/0110/2017/30), prowadzonego w ramach **Uniwersytetu Młodego Odkrywcy** w 2016r., pt. „Zwierzęta w służbie ludziom, ludzie w służbie zwierzętom”. Mój udział polegał na współprowadzeniu zajęć pt. „Burza hormonów”.

