



ВЕТЕРИНАРІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ТВАРИННИЦТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

VETERINARY SCIENCE, TECHNOLOGIES OF ANIMAL HUSBANDRY AND NATURE MANAGEMENT

ISSN 2617-8346 (Print)
ISSN 2663-5542 (Online)

DOI: 10.31890/vtpp.2020.05.24
<http://ojs.hdzva.edu.ua/>

UDC 636.52/.58:613.648:612.44

The influence of low-frequency electromagnetic radiation on the level of thyroid hormones in chickens

S. B. Prosyanyi, V. V. Horiuk

State Agrarian and Engineering University in Podilya, Kamianets-Podilskyi, Ukraine

Article info

Received 08.04.2020

Received in revised form
12.05.2020

Accepted
20.05.2020

State Agrarian and
Engineering University in
Podilya,
13, Schevchenko
str., Kamianets-Podilskyi,
Khmelnyskyi region, 32300,
Ukraine
E-mail:
prosyanyi2016@gmail.com,
horukv@ukr.net

Prosyanyi, S. B., & Horiuk, V. V. (2020). The influence of low-frequency electromagnetic radiation on the level of thyroid hormones in chickens. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 5, 132-137. DOI: 10.31890/vtpp.2020.05.24

It is a proven fact that electromagnetic radiation of ultra-high frequencies (EMR UHF) affects the fundamental processes of life of living organisms. However, the problem of the influence of long-term irradiation with an alternating pulsed electromagnetic field of ultra-low frequency (APEMF ULF) on the biosynthesis of thyroid hormones is currently insufficiently studied. The aim of the work is to investigate the influence of the alternating pulsed electromagnetic field of ultra-low frequency on the indicators of thyroid hormones in the body of experimental chickens of the Dominant D₉₅₉ cross. For this purpose, four test and control groups of 120-day-old chickens were formed - 20 heads of Dominant D₉₅₉ cross poultry each. The pultries were kept in a specially equipped room with an alternating pulsed electromagnetic field of ultra-low frequency. The content of hormones in the blood serum of chickens was determined by competitive enzyme-linked immunosorbent analysis with the help of standard methods. According to the results of research, it was determined that the level of thyroid hormones in the body of chickens can be influenced by selection of different modes and duration of action of APEMF ULF. Thus, on the 80th day of irradiation, regardless of the used modes of exposure to APEMF ULF and protein levels in the diet, we found some stimulation of the deiodination of thyroxine and its transition to the active form of triiodothyronine, which can affect metabolic activation and productivity in chickens of the Dominant D₉₅₉ cross. This process was especially active in case of irradiation of the chickens with APEMF ULF for one hour a day with an interval of one week, and feeding was carried out according to the basic diet with a 15% increase of protein content. Irradiation of APEMF ULF during 5-month period showed a tendency to decrease the functional activity of the thyroid gland of chickens, which was manifested by a decrease in thyroxine levels in blood, especially in case of protein deficiency in the diet.

Keywords: electromagnetic field, chickens, triiodothyronine, thyroxine

Влияние низкочастотного электромагнитного излучения на уровень гормонов щитовидной железы кур

С. Б. Просяной, В. В. Горюк

Подольский государственный аграрно-технический университет

Научно доказан факт влияния электромагнитного излучения сверхвысоких частот (ЭМИ СВЧ) на фундаментальные процессы жизнедеятельности живых организмов. Однако, вопрос о влиянии длительного облучения переменными импульсными электромагнитными полями сверхнизкой частоты (ПИЭМП СНЧ) на биосинтез тиреоидных гормонов в настоящее время является недостаточно изученным. Цель работы - исследовать влияние переменного импульсного электромагнитного поля сверхнизкой частоты на показатели тиреоидных гормонов в организме опытных кур кросса Доминант Д₉₅₉. Для этого были сформированы четыре опытных и контрольная группы кур 120-дневного возраста - по 20 голов птицы кросса Доминант Д₉₅₉ в каждой. Птицу содержали в специально оборудованном помещении при переменном импульсном электромагнитном поле сверхнизкой частоты. Содержание гормонов в сыворотке крови кур определяли спектрометрическим методом с помощью стандартных методик. По результатам исследований установлено, что путем подбора различных режимов и продолжительности действия ПИЭМП СНЧ можно влиять на уровень тиреоидных гормонов в организме кур. Так, на 80-е сутки облучения, независимо от использованных режимов воздействия ПИЭМП СНЧ и уровня протеина в рационе, нами выявлено определенное стимулирование процесса дейодирования тироксина и переход

его в активную форму трийодтиронин, что прогнозируемо может повлиять на активизацию обменных процессов и стимуляцию производительности у кур кросса Доминант Д₉₅₉. Особенно активно этот процесс происходил при облучении кур ПИЭМП СНЧ с экспозицией 30 минут в течение часа ежедневно, с интервалом в одну неделю, а кормление осуществлялось в соответствии с основным рационом и повышенным на 15 % содержанием протеина. Облучение ПИЭМП СНЧ в течении 5-месячного периода показало тенденцию к уменьшению функциональной активности щитовидной железы кур, которая проявилась снижением уровня тироксина в крови, особенно при дефиците в рационе уровня протеина.

Ключевые слова: электромагнитное поле, куры, трийодтиронин, тироксин.

Вплив низькочастотного електромагнітного випромінювання на рівень гормонів щитовидної залози курей

С. Б. Просяний, В. В. Горюк

Подільський державний аграрно-технічний університет

В статті наведено результати дослідження впливу ЗІЕМП ННЧ на показники тиреоїдних гормонів в організмі дослідних курей кросу Домінант Д₉₅₉. Встановлено, що 112-добовий вплив ЗІЕМП ННЧ, особливо за 30-ти хвилинного щодобового опромінення з інтервалом один тиждень і підвищеному рівні протеїну в раціоні, впливає на зростання кількості трийодтироніну в крові і, прогнозовано, на підвищення продуктивних якостей курей. Більш тривале опромінення ЗІЕМП ННЧ впродовж 6-місячного періоду виявило тенденцію до зниження функціональної активності щитовидної залози курей.

Ключові слова: електромагнітне поле, кури, трийодтиронін, тироксин.

Вступ

Актуальність теми. Не виникає сумніву, що біологічні об'єкти з моменту їх виникнення мали зв'язок з усіма видами електромагнітних випромінювань Землі (Fattahi-asl et al., 2013; Hedendahl, Carlberg, & Hardell, 2015). Прогнозовано усі вони мали суттєвий вплив на удосконалення та пристосування живих організмів в процесі еволюційного розвитку (Augner, Gnambs, Winker, & Barth, 2012).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує думка, що вплив магнітних полів (МП), особливо штучно створених внаслідок діяльності людини, має на організм біологічних об'єктів переважно негативний характер і може спричиняти різноманітні патології від погіршення самопочуття організму до виникнення злоякісних форм онкологічних захворювань. Отже, електромагнітні поля (ЕМП), як природного так і антропогенного характеру, можуть порушувати «електромагнітний баланс» живого організму. При цьому, відносно механізму пошкоджуючого впливу електромагнітних полів, є багато припущень, зокрема концепція порушення резонансу електромагнітних частот клітин організму (Asl et al., 2019).

Більшість дослідників (Karadede, Akdag, Kanay, & Bozbiyik, 2009; Sangün, Dünder, Çömllekçi, & Büyükgözbiz, 2015; Asl et al., 2019) сходяться на думці, що техногенні низькочастотні електромагнітні випромінювання є найбільш масштабним видом забруднення, які мають глобальні несприятливі наслідки як для людини, так і для природних екосистем.

Є доведеним факт, що електромагнітне випромінювання надвисоких частот (ЕМВ НВЧ) впливає на фундаментальні процеси життєдіяльності живих організмів, показана як стимуляція, так і пригнічення проліферації прокариотичних клітин: бактерій, дріжджів, простіших, плісневих грибів (Pawlak, Sechman, & Nieckarz, 2014; Jabbari Vesal, Rostampour, Abbasali Pourkabir, & Nikzad, 2018). Виявлено значне підвищення проліферативної активності еукаріотичних стовбурових клітин кісткового мозку, опромінених ЕМП (Silva et al., 2016). Зроблено висновок, що пригнічення і стимуляція поділу клітин пов'язані з дією електромагнітних хвиль на метаболізм клітин, процеси транспорту і синтезу АТФ (Pawlak, Sechman, Nieckarz, & Wojtysiak, 2013). Показано, що ЕМВ може впливати на синтез деяких

ферментів, активуючи або пригнічуючи функціональну активність генетичних елементів бактеріальних клітин. При цьому, як правило, активність ферментів не змінюється, а параметром чутливості до опромінення є відносна кількість бактеріальних клітин, які синтезують даний фермент (Pawlak, Wojarski, Nieckarz, Lis, & Wojnar, 2018). Проте, відомі випадки зміни активності самих ферментів (Pandey, Giri, Das, & Upadhaya, 2017).

Ціла низка проведених досліджень свідчить, що ЕМП наднизькочастотного (ННЧ) діапазону в перспективі може бути використаним з метою прогнозування кліматичних змін і наближень землетрусів, а також, як датчик часу біологічних ритмів. Також є деяка інформація щодо впливу гіпогеомагнітного поля на фізіолого-біохімічні процеси в організмі (Mortavazi et al., 2009; Pawlak, Wojarski, Nieckarz, Lis, & Wojnar, 2018). Зокрема, проведено дослідження впливу неіонізуючої радіації на інтенсивність масового росту та якість м'ясної продукції у курей кросу Тетра Х (Pamirsky, Zabarna, & Prosyaniy, 2018). Між тим, в доступних для аналізу джерелах досить мало інформації щодо впливу ЕМП ННЧ на фізіологічні процеси в організмі курей, що вимагає проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

Мета роботи – дослідити вплив змінного імпульсного електромагнітного поля наднизької частоти на показники тиреоїдних гормонів в організмі дослідних курей кросу Домінант Д₉₅₉.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилися на факультеті ветеринарної медицини і технологій у тваринництві Подільського державного аграрно-технічного університету в умовах лабораторії магнітобіології.

Для досліду було сформовано чотири дослідних групи курей 4-місячного віку, які піддавали впливу ЗІЕМП ННЧ. Для порівняння результатів у групі контрольних птахів опромінення не проводили. Групи формувались за принципом аналогів по 20 голів курей кросу Домінант Д₉₅₉ в ідентичних умовах показників мікроклімату приміщення, які відповідали встановленим нормам промислового утримання курей яєчного напрямку. Опромінення і годівля курей проводились за різними режимами відповідно схеми досліду (табл. 1).

Схема науково-виробничого досліджу

Групи		К-ть голів	Тривалість досліджу, місяців	Режим впливу ЗІЕМП ННЧ	Режим годівлі курей
Дослідна	I	20	5	Щодобово впродовж 60 хв	Основний раціон (ОР) + на 15 % підвищений рівень протеїну
	II	20	5	Щодобово впродовж 60 хв	ОР + на 15 % понижений рівень протеїну
	III	20	5	Щодобово впродовж 60 хв, з тижневими перервами	Основний раціон (ОР) + на 15 % підвищений рівень протеїну
	IV	20	5	Щодобово впродовж 60 хв, з тижневими перервами	ОР + на 15 % понижений рівень протеїну
Контрольна		20	5	Не опромінювали	ОР за стандартними нормами

В лабораторії магнітобіології було створено оптимальні умови для опромінення курей ЗІЕМП ННЧ. В основному приміщенні, де відбувався дослід, був розташований генератор змінних імпульсних електромагнітних полів, який дозволяв створювати магнітні поля в соленоїді за різного діапазону частот (від 0,01 до 20 кГц) з амплітудою коливань від 0 до 100 В, що рівнозначно напрузі 150 Вт. Контроль за напругою і модуляцією сигналу та індукцією, створювану змінним імпульсним електромагнітним полем наднизької частоти, який проходить від генератора до соленоїда, здійснювали відповідно за допомогою осцилографа С 1-49 та мікротеслометра Г-49. Експериментальні дослідження впливу ЗІЕМП ННЧ проводилися на частоті 8 Гц.

Соленоїд являв собою дерев'яну еліпсоподібну котушку діаметром 2 м. На зовнішній стороні котушки намотано 1 секцію мідного провідника діаметром 0,5 мм. Рівномірна укладка витків забезпечувала однорідність напруженості магнітного поля всередині котушки. По центру соленоїда була вмонтована дерев'яна клітка для розміщення в ній курей під час опромінення і датчик, за допомогою якого фіксуються показники інтенсивності генерації електромагнітного поля і частотного діапазону. Спостереження за птахами здійснювали за допомогою відеокамери. З метою виключення впливу зовнішніх магнітних полів під час опромінення дане приміщення було повністю знеструмлене, а стіни, стеля і підлога ізолювані металевою фольгою.

Під час проведення досліджу проводився відбір крові курей контрольної і дослідних груп. Використовували периферичну кров, яку отримували з підкрильцевої вени. Кров відбирали на 80-ту і 150-ту добу експерименту. Для отримання сироватки пробірки

з кров'ю ставили на 10 хв у термостат за температури $37 \pm 0,1$ °С. Відразу після початку ретракції кров'яного згустку пробірки переносили у холодильник, де й залишали до 6 годин за 4 °С для остаточного відокремлення рідкої частини крові. Осадження незначних механічних домішок та зруйнованих під час ретракції клітин крові проводили шляхом центрифугування за 3000 обертів упродовж 10 хв.

У сироватці крові дослідних птахів методом конкурентного імуноферментного аналізу за допомогою імуноферментного аналізатора Stat Fax 2100 («Awareness Technology», США) визначали вміст трийодтироніну (Т₃) та тироксину (Т₄) з використанням стандартного тест набору для визначення згаданих ферментів у курей.

Статистичну обробку результатів здійснювали методами варіаційної статистики з використанням програми Statistica 6.0 (StatSoft Inc., USA). Застосовували непараметричні методи досліджень (критерії Уїлкоксона, Манна-Уїтні). Визначали середнє арифметичне (\bar{x}), стандартну похибку середньої величини (SE). Різницю між порівнюваними величинами вважали достовірною за $P \leq 0,05$.

Результати досліджень

Відомо, що тиреоїдні гормони в організмі забезпечують важливі функції. Зокрема, за потребою дані гормони звільняються від білка і переходять у вільний стан та впливають на всі види обміну речовин і, відповідно, на рівень продуктивності та здоров'я тварин. Результати впливу ЗІЕМП ННЧ щодо вмісту вільного трийодтироніну і тироксину в сироватці крові дослідних курей кросу Домінант Д₉₅₉ на 80-у добу від початку досліджу наведено на рис. 1.

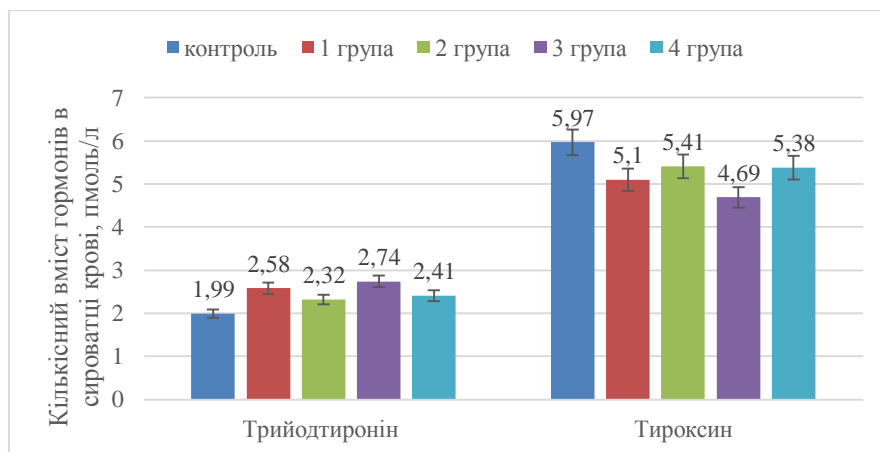


Рис. 1. Рівень основних тиреоїдних гормонів у сироватці крові дослідних курей після 80-ти днів опромінення ЗІЕМП ННЧ. Одержані результати засвідчили зміни діб опромінення ЗІЕМП ННЧ. Виявлено стійку тенденцію до зростання вмісту трийодтироніну у

сироватці крові птиці всіх дослідних груп. Згаданий показник у II-й і IV-й дослідних групах, у порівнянні з неопроміненими птахами, був вищим відповідно на 16,58 % і 21,11 %. Проте, за параметрами годівлі та режиму опромінення курей I-ої і III-ої дослідної групи даний показник був вищим відповідно на 29,65 % і 33,04 % при $P \leq 0,05$, у порівнянні з аналогічним показником у контролі.

Під час дослідження рівня тироксину в сироватці крові дослідних груп курей ми спостерігали зворотну

тенденцію. Якщо в II-й і IV-й дослідних групах даний показник, у порівнянні з контрольною групою, мав тенденцію до зниження відповідно на 9,38 і 9,88 %, то в I-й і III-й – ця різниця відповідно зростала до 14,57 % і 21,45 % ($P \leq 0,05$) і набувала статистично вірогідних значень.

Результати впливу більш тривалого опромінення ЗІЕМП ННЧ на рівень тиреоїдних гормонів у сироватці крові дослідних курей кросу Домінант Д₉₅₉ показано на рис. 2.

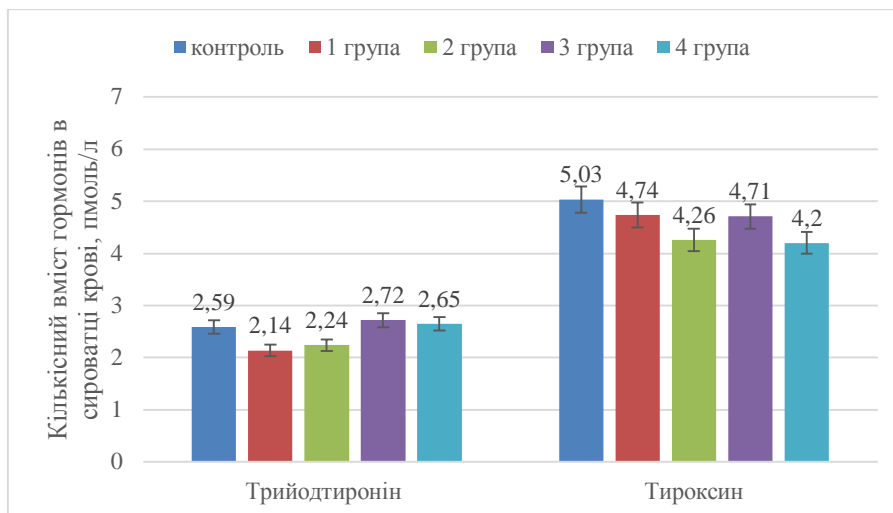


Рис. 2. Рівень основних тиреоїдних гормонів у сироватці крові дослідних курей після 150-ти днів опромінення ЗІЕМП ННЧ

На відміну від показників, одержаних на 80-у добу досліду після 5-місячного впливу ЗІЕМП ННЧ, нами не зафіксовано вірогідного зростання рівня вільного трийодтироніну в сироватці крові курей дослідних груп. Навпаки, за режиму безперервного опромінення даний показник зменшився на 17,37 % ($P \leq 0,05$) у I-й дослідній групі і 13,51 % ($P \leq 0,05$) у 2-й дослідній групі, у порівнянні з контролем. У 3-й і 4-й дослідних групах, де проводилось опромінення ЗІЕМП ННЧ з тижневими перервами, виявлена тенденція до зростання рівня трийодтироніну в сироватці крові курей відповідно на 5,02 % і 2,31 %.

Щодо вмісту вільного тироксину в сироватці крові курей, то після 5-місячного опромінення його рівень був нижчим у всіх дослідних групах, у порівнянні з аналогічним показником у контролі, проте, статистично вірогідної різниці він набував лише у II-й (на 15,31%, $P \leq 0,05$) і IV-й (на 16,50 %, $P \leq 0,05$) групах за різних режимів опромінення ЗІЕМП ННЧ з пониженим на 15 % вмістом протеїну в раціоні.

Обговорення

Короткострокове опромінення ЗІЕМП ННЧ стимулює еритропоез, лейкопоез завдяки збільшенню паличкоядерних нейтрофілів, моноцитів та лімфоцитів, зумовлює зростання рівня гемоглобіну і загального білка в сироватці крові дослідних курей (Mortavazi et al., 2009; Weiss et al., 2009; Pawlak, Sechman, Nieckarz, & Wojtysiak, 2013). Також автори прийшли до висновку щодо відсутності даного виду опромінення за нетривалої експозиції (3-180 год) на метаболічні процеси в організмі курей. Результати досліджень природної резистентності організму показали, що превентивне опромінення курей перед введенням вакцини Ла-Сота ЗІЕМП ННЧ впродовж 9-ти діб приводить до зростання титру антитіл у крові після вакцинації на 92 % (Hennessey, & Espailat, 2015; Pandey, Giri, Das, & Upadhaya, 2017).

Проте, питання щодо впливу довготривалого опромінення ЗІЕМП ННЧ на біохімічні показники крові курей на теперішній час є недостатньо висвітленим. В зв'язку з цим, нами проведені системні дослідження адаптаційних властивостей організму курей яєчного напрямку продуктивності кросу Домінант Д₉₅₉ за тривалого впливу ЗІЕМП ННЧ. В даній статті узагальнено результати різних режимів опромінення птиці слабоінтенсивним ЗІЕМП ННЧ і забезпеченості їх раціоном протеїном на рівень тиреоїдних гормонів щитоподібної залози курей.

Тиреоїдні гормони регулюють процеси розвитку, дозрівання, спеціалізації та оновлення майже усіх тканин організму, забезпечують нормальний енергетичний обмін, впливають на утворення більше 100 різних ферментів, приймають участь в обміні вуглеводів, ліпідів, вітамінів, мікро- та макроелементів (Cooper & Biondi, 2012; Demchyshyn, Perkyj, Gorjuk, & Gorjuk, 2019; Mattsson et al., 2019). При цьому, тироксин в організмі курей є гормоном-попередником і піддається постійному дейодуванню до трийодтироніну, обумовлюючи його рівень в крові. Отже, гормональний ефект тиреоїдних гормонів належить, головним чином, трийодтироніну, який в 10 разів інтенсивніше зв'язується з рецепторами клітин-мішеней, аніж тироксин (Surks & Hollowell, 2007; Bourgeois et al., 2016).

Зважаючи на вищевикладене важливе значення для реалізації продуктивних якостей курей, зокрема яєчної продуктивності, належить як трийодтироніну – основному гормону, що обумовлює функціональну активність щитовидної залози, так і тироксину, з якого й утворюється шляхом дейодування трийодтиронін. За цих умов, в нашому випадку, у контрольних неопромінених ЗІЕМП ННЧ курях кросу Домінант Д₉₅₉, які одержували стандартний збалансований раціон, рівень трийодтироніну в сироватці крові упродовж досліду був постійним і не виходив за межі фізіологічних значень, а рівень тироксину наприкінці

досліді зменшився в 1,19 рази, що, за однакового раціону, може вказувати на залежність даного показника від віку курей.

На 80-у добу досліді в усіх дослідних групах, незалежно від режимів опромінення ЗІЕМП ННЧ і за підвищеного або пониженого на 15 % вмісту протеїну в раціоні, у порівнянні з неопроміненими птахами які одержували лише основний раціон, спостерігалась стійка тенденція до зростання рівня трийодтироніну в 1,17-1,38 рази ($P \leq 0,05$), яка, особливо в II-ій і IV-ій дослідних групи набувала значної статистично вірогідної різниці. Навпаки, за вказаний період досліді, в усіх дослідних групах, у порівнянні з контролем, зафіксовано зниження рівня тироксину, яке у курей II-ої і IV-ої дослідних груп мало тенденційний характер, а в I-ій і III-ій дослідній групі набувало вірогідних значень.

На підставі одержаних результатів можна припустити, що опромінення ЗІЕМП ННЧ певним чином активізує дейодування тироксину і перехід його в активну форму трийодтиронін, який і забезпечує активізацію різноманітних обмінних процесів в організмі курей і підвищення продуктивних якостей.

Цікаво, що за більш тривалого опромінення ЗІЕМП ННЧ, рівень основних тиреоїдних гормонів у сироватці крові курей набував різновекторного характеру залежно від режиму опромінення та рівня протеїнової годівлі. Зокрема, за безперервного режиму опромінення курей ЗІЕМП ННЧ протягом 60 хв щодоби впродовж 5-місячного періоду, незалежно від рівня протеїну в раціоні, рівень трийодтироніну в сироватці крові дослідних курей знижувався в 1,16-1,21 рази ($P \leq 0,05$). Водночас, за опромінення курей ЗІЕМП ННЧ щодоби протягом 60 хв через тиждень впродовж 5-місячного періоду з підвищеним або пониженим на 15 % вмістом протеїну в раціоні навпаки, спостерігалась тенденція до зростання даного показника, порівняно з неопроміненими птахами зі стандартним рівнем протеїнової годівлі.

Отже, безперервний характер опромінення ЗІЕМП ННЧ протягом 60 хв щодоби впродовж 5 місяців певною мірою пригнічував тиреоїдну функцію щитовидної залози птахів, яка проявлялась зниженням рівня трийодтироніну в їхній сироватці крові. Якщо ж робити тижневі перерви в опроміненні ЗІЕМП ННЧ, то рівень даного гормону навпаки дещо зростає, тобто за такого режиму відбувається певне стимулювання тиреоїдної функції щитовидної залози курей.

Також встановлено, що рівень тироксину за більш тривалого опромінення ЗІЕМП ННЧ впродовж 150-ти діб, незалежно від режиму опромінення за підвищеного на 15 % рівня протеїну в раціоні, спостерігається тенденція щодо зниження даного показника в сироватці крові курей, порівняно з контролем. Між тим, в групах де рівень протеїну в раціоні був понижений на 15 %, виявлено істотне зниження рівня тироксину (в 1,18-1,20 рази ($P \leq 0,05$) порівняно з неопроміненими птахами), яке набувало високовірогідних значень. Таким чином, тривале 5-місячне опромінення ЗІЕМП ННЧ негативно впливає на синтез тироніну в організмі курей, яке найбільш виражене за дефіциту в раціоні рівня протеїну.

Висновки

1. В умовах впливу ЗІЕМП ННЧ за різного забезпечення раціону протеїном виявлено певні зміни тиреоїдного гомеостазу, що проявлялося зміною рівня основних тиреоїдних гормонів у крові дослідних курей.

2. На 112-у добу опромінення, незалежно від використаних режимів впливу ЗІЕМП ННЧ і рівня протеїну в раціоні, нами виявлено певне стимулювання процесу дейодування тироксину і перехід його в активну

форму трийодтиронін, що прогнозовано може вплинути на активізацію обмінних процесів і стимуляцію продуктивності у курей кросу Домінант Д₉₅₉. Особливо активно цей процес відбувався за опромінення курей ЗІЕМП ННЧ з експозицією 30 хвилин щодоби з інтервалом один тиждень, а годівля здійснювалась відповідно до основного раціону з підвищеним на 15 % вмістом протеїну.

3. Опромінення ЗІЕМП ННЧ впродовж 6-місячного періоду виявило тенденцію до зниження функціональної активності щитовидної залози курей, яка проявилась зниженням рівня тироксину в крові, особливо за дефіциту в раціоні рівня протеїну.

References

- Asl, J. F., Larijani, B., Zakerkish, M., Rahim, F., Shirbandi, K., & Akbari, R. (2019). The possible global hazard of cell phone radiation on thyroid cells and hormones: a systematic review of evidences. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15. DOI: [10.1007/s11356-019-05096-z](https://doi.org/10.1007/s11356-019-05096-z)
- Augner, C., Gnamb, T., Winker, R., & Barth, A. (2012). Acute effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on subjective well-being and physiological reactions: a meta-analysis. *Sci Total Environ*, 424, 11-15. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2012.02.034](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.02.034)
- Bourgeois, N. M., Van Herck, S. L., Vancamp, P., Delbaere, J., Zevenbergen, C., Kersseboom, S. ... & Visser, T. J. (2016). Characterization of chicken thyroid hormone transporters. *Endocrinology*, 157(6), 2560-2574. DOI: [10.1210/en.2015-2025](https://doi.org/10.1210/en.2015-2025)
- Cooper, D. S., & Biondi, B. (2012). Subclinical thyroid disease. *The Lancet*, 379(9821), 1142-1154. DOI: [10.1016/S0140-6736\(11\)60276-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60276-6)
- Demchyshyn, A. V., Perkyj, Ju. B., Gorjuk, Ju. V., & Gorjuk, V. V. (2019). Development of a liquid acidifier "Akvasan" for growing broiler chickens. *Scientific notes UO VGAVM*, 55(1), 118-121. [in Bilorussian]
- Fattahi-asl, J., Karbalae, M., Baradaran-Ghahfarokhi, M., Baradaran-Ghahfarokhi, H., Khajoei-Fard, R., Karbalae, M., & Baradaran-Ghahfarokhi, M. (2013). Radiofrequency radiation and human Triiodothyronine hormone: Immunoenzymometric assay. *Recent Patents on Biomarkers*, 3(3), 213-218.
- Hedendahl, L., Carlberg, M., & Hardell, L. (2015). Electromagnetic hypersensitivity—an increasing challenge to the medical profession. *Reviews on environmental health*, 30(4), 209-215. DOI: [10.1515/reveh-2015-0012](https://doi.org/10.1515/reveh-2015-0012)
- Hennessey, J. V., & Espallat, R. (2015). Diagnosis and management of subclinical hypothyroidism in elderly adults: a review of the literature. *Journal of the American Geriatrics Society*, 63(8), 1663-1673. DOI: [10.1111/jgs.13532](https://doi.org/10.1111/jgs.13532)
- Jabbari Vesal, N., Rostampour, N., Abbasali Pourkabar, R., & Nikzad, S. (2018). Investigating the Effect of Magnetic Field on Cortisol, Blood Sugar, Triiodothyronine and Thyroxin Hormones in Rat. *Pajouhan Scientific Journal*, 16(3), 67-74. DOI: [10.18869/psj.16.3.67](https://doi.org/10.18869/psj.16.3.67)
- Karadede, B., Akdag, M. Z., Kanay, Z., & Bozbiyik, A. (2009). The effect of 900 MHz Radiofrequency (RF) radiation on some hormonal and biochemical parameters in rabbits. *J Int Dent Med Res*, 2(3), 110-115.
- Mattsson, A., Sjöberg, S., Kärrman, A., & Brunström, B. (2019). Developmental exposure to a mixture of perfluoroalkyl acids (PFAAs) affects the thyroid hormone system and the bursa of Fabricius in the chicken. *Scientific Reports*, 9(1), 1-14. DOI: [10.1038/s41598-019-56200-9](https://doi.org/10.1038/s41598-019-56200-9)

- Mortavazi, S., Habib, A., Ganj-Karami, A., Samimi-Doost, R., Pour-Abedi, A., & Babaie, A. (2009). Alterations in TSH and Thyroid Hormones following Mobile Phone Use. *Oman medical journal*, 24(4), 274–278. DOI: [10.5001/omj.2009.56](https://doi.org/10.5001/omj.2009.56)
- Pamirsky, A. S., Zabarna, I. V., & Prosyanyi, S. B. (2018). Effect of non-ionizing radiation on the intensity of mass growth and quality of meat products in chickens. Science and Education a New Dimension. *Natural and Technical Sciences*, VI(19), 171, 55-58. DOI: [10.31174/SEND-NT2018-171VI19-12](https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-171VI19-12)
- Pandey, N., Giri, S., Das, S., & Upadhaya, P. (2017). Radiofrequency radiation (900 MHz)-induced DNA damage and cell cycle arrest in testicular germ cells in swiss albino mice. *Toxicology and industrial health*, 33(4), 373-384. DOI: [10.1177/0748233716671206](https://doi.org/10.1177/0748233716671206)
- Pawlak, K., Sechman, A., Nieckarz, Z., & Wojtysiak, D. (2013). Effect of weak electromagnetic field on cardiac work, concentration of thyroid hormones and blood aminotransferase level in the chick embryo. *Acta Vet Hung*, 61, 383-392. DOI: [10.1556/AVet.2013.014](https://doi.org/10.1556/AVet.2013.014)
- Pawlak, K., Bojarski, B., Nieckarz, Z., Lis, M., & Wojnar, T. (2018). Effect of an 1800 MHz electromagnetic field emitted during embryogenesis on the blood picture of one-day-old domestic hen chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Acta Veterinaria Brno*, 87(1), 65-71. DOI: [10.2754/avb201887010065](https://doi.org/10.2754/avb201887010065)
- Pawlak, K., Sechman, A., & Nieckarz, Z. (2014). Plasma thyroid hormones and corticosterone levels in blood of chicken embryos and post hatch chickens exposed during incubation to 1800 MHz electromagnetic field. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 27(1), 114-122. DOI: [10.2478/s13382-014-0222-7](https://doi.org/10.2478/s13382-014-0222-7)
- Sangün, Ö., DüNDAR, B., Çömlekçi, S., & Büyükgebiz, A. (2015). The Effects of Electromagnetic Field on the Endocrine System in Children and Adolescents. *Pediatric endocrinology reviews: PER*, 13(2), 531-545.
- Silva, V., Hilly, O., Strenov, Y., Tzabari, C., Hauptman, Y., & Feinmesser, R. (2016). Effect of cell phone-like electromagnetic radiation on primary human thyroid cells. *International journal of radiation biology*, 92(2), 107-115. DOI: [10.3109/09553002.2016.1117678](https://doi.org/10.3109/09553002.2016.1117678)
- Surks, M. I., & Hollowell, J. G. (2007). Age-specific distribution of serum thyrotropin and antithyroid antibodies in the US population: implications for the prevalence of subclinical hypothyroidism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 92(12), 4575-4582. DOI: [10.1210/jc.2007-1499](https://doi.org/10.1210/jc.2007-1499)
- Weiss, J. M., Andersson, P. L., Lamoree, M. H., Leonards, P. E., van Leeuwen, S. P., & Hamers, T. (2009). Competitive binding of poly- and perfluorinated compounds to the thyroid hormone transport protein transthyretin. *Toxicological sciences*, 109(2), 206-216. DOI: [10.1093/toxsci/kfp055](https://doi.org/10.1093/toxsci/kfp055)