نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹٤
ص‌ص: ۱۸۳~۱۹٤

اثر میدان مغناطیسی ثابت حین جوجه‌کشی بر فراسنجه‌های تفریخ تخم مرغ، وضعیت استخوان و برخی از ترکیبات بیوشیمیایی خون جوجه‌های یک روزه حاصل از مرغان مادر واریته های–لاین W-36

- **علی اصغر ساکی**(نویسنده مسئول)
  استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا .
- **همایون محمودی**
  دانشجوی دکتری تغذیه طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا .
- **زهره علیزاده**
  استادیار مرکز تحقیقات اندومتر واندومتریوزیس، دانشگاه علوم پزشکی همدان.
- **ابراهیم احمدی**
  استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا .
- **احمد احمدی**
  استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا .

تاریخ دریافت : بهمن ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش :شهریور ۱۳۹۳

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۳۱۳۹۷۷۵

Email: dralisaki@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه رشد و خصوصیات مکانیکی و بافتی استخوان ساق، پارامترهای بیوشیمیایی خون و صفات تولیدی جوجه‌های یک روزه واریته های-لاین W-36 نژاد لگهورن، تحت تاثیر میدان مغناطیسی ثابت بررسی شدند. تعداد ۱۸۰ عدد تخم مرغ تازه نطفه-دار، بعد از وزن کشی به طور تصادفی به ٦ تیمار شامل شاهد و ٥ سطح میدان مغناطیسی با شدت ٤، ٥، ٦، ٧/٥ و ١٠ میکروتسلا اختصاص داده شدند. جهت اعمال تیمارها، از مگنت‌هایی به ابعاد ٣٦×٣٦×٠/٠٣٨ سانتیمتر که شدتی معادل ٤٠٠٠ میکروتسلا (٤٠ گوس) ایجاد می‌کرد، استفاده گردید. تیمارها در روزهای ٥، ٧، ٩، ١١و ١٥ جنینی، به مدت ١٢ دقیقه اعمال شدند. هر تخم مرغ به عنوان یک تکرار، در قالب طرح کاملا تصادفی در نظر گرفته شد. بعد از تفریخ و وزن کشی، از هر تیمار، پانزده جوجه در یک روزگی کشتار گردید. استخوان های ساق جهت تعیین صفات و خصوصیات مکانیکی استخوان جدا گردید. مقاطع بافتی تهیه شد و پهنای صفحه رشد در اپی‌فیز فوقانی و تحتانی با نرم افزار ماتیک اندازه‌گیری گردید. در این مطالعه علیرغم وزن یکسان تخم مرغ ها (p>٠/٠٥)، میانگین وزن پرندگان ١٠ میکروتسلا به طور معنی داری کمتر (p<٠/٠٥) از شاهد و تیمار ٦ میکروتسلا بود. درصد تفریخ و تلفات تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت (p>٠/٠٥)، اما صرف نظر از تیمار ٤ میکروتسلا، درصد تفریخ سایر تیمارها به صورت عددی از شاهد بیشتر بود. طول استخوان ساق پرندگان ٦ میکروتسلا به طور معنی داری افزایش (p<٠/٠٥) یافت. با این حال تفاوت معنی‌داری در چگالی و پارامترهای مقاومت مکانیکی استخوان پرندگان دیده نشد (p>٠/٠٥). نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که میدان مغناطیسی ٦ میکروتسلا باعث بهبود وزن تفریخ جوجه‌ها، افزایش اندازه صفحه رشد و افزایش طول استخوان ساق خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: جوجه یک روزه تخمگذار، واریته W-36 ، میدان مغناطیسی ثابت، ساق پا، پارامترهای خون و استخوان.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 107 pp: 183-194

The effect of static magnetic field during incubation on hatchability, bone status and blood biochemical parameters in day-old chicks of Hay-Line W-36 variety

A. Saki[1,*], Professor of Animal Science; H. Mahmoudi[2], Ph. D student of poultry nutrition; Z. Alizadeh[3], Assistant Professor of Endometrium and Endometriosis Research Center; Eb. Ahmadi[4], Assistant Professor of Biosystem engineering; A. Ahmadi, Assistant Professor of Animal Science, [1,2,4,5] Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, [3] Hamadan University of Medical Sciences.
*Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, IRAN, +989183139775,Email: dralisaki@yahoo.com

Received: January 2014 **Accepted: September 2014**

The effects of static magnetic field on tibia measurements, blood parameters and performance of day-old Hay-Line W-36 were investigated. A total of 180 fresh fertilized egg weighed and randomly assigned to 6 treatments namely, without and 5 static magnetic fields of 4, 5, 6, 7.5 and 10 μT (micro tesla) density. For implementation of treatments, magnets with dimensions of $0.36\times 36\times 36$ cm and 4000 μT density (40 G) were used. Treatments were implemented on 5, 7, 9, 11 and 15 days of incubation. Each egg was as a replicate under complete randomized design. After hatching and weighting, 15 day-old birds were slathered from each treatment. Tibiae bone for characteristics and mechanical properties were separated. Tissue slices were prepared and width of epiphyseal plate in proximal and distal epiphysis were measured by motic software. In this study, in spite of similar weight of eggs ($p>0.05$), weight of day-old chicks in 10 μT treatment was significantly lower ($p<0.05$) than the control and 6 μT treatments. The percentage of hatchability and mortality were not affected by all treatments ($p>0.05$), but with the exception of 4 μT treatment, hatchability of the other treatments were marginally higher ($p>0.05$) than the control. The length of tibiae bone of 6 μT treatment was significantly increased ($p<0.05$), nonetheless, no significant difference was observed in bone density and mechanical strength parameters. The results of this study show that 6 μT treatment caused to improvement in hatching weight, increasing of epiphyseal plate and tibiae length.

Key words: Day-old chick, W-36 variety, Static magnetic field, Tibiae, bone and biochemical-blood parameters.

مقدمه

در سالهای اخیر مطالعاتی، اثر میدان های الکترومغناطیسی و مغناطیسی را بر موجودات از نقطه نظر تولیدات، سلامت بافت ها و شاخص‌های فیزیولوژیک ارزیابی نموده‌اند (Che و همکاران، ۲۰۰۷؛ Shafey و همکاران، ۲۰۱۱؛ Toman و همکاران، ۲۰۰۲؛ Zhang و همکاران، ۲۰۱۰). این میدان ها، از نظر توانایی در یونیزه کردن یا نکردن یک اتم یا مولکول به دو نوع یونیزان و غیریونیزان تقسیم می‌شوند. میدان های غیریونیزان خود بر اساس فرکانس به چهار گروه ثابت[۱] (فرکانس صفر)، با فرکانس خیلی کم[۲] (صفر تا ۳۰۰ هرتز)، با فرکانس متوسط[۳] (۳۰۰ هرتز تا ۱۰۰کیلوهرتز) و میدان های با فرکانس رادیویی[۴] (۱۰۰ کیلو هرتز تا ۳۰۰ مگاهرتز)، تقسیم می‌شوند (Hartwig و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعاتی با میدان های پالسی (سه دسته آخر)، با شدت چند صدم میکروتسلا تا ۱۶۰گوس گزارش شده است (Diniz و همکاران، ۲۰۰۲؛ Koch و همکاران، ۱۹۹۳). هر چند میدان های پالسی هم میدان های مغناطیسی و هم جریان الکتریکی را ایجاد می‌نمایند، اما هیچ دلیل قطعی وجود ندارد که کدام یک از این دو منبع نیرو، نقش مهمتری را ایفا می‌کنند. لذا مگنت ها هم به عنوان یک منبع نیرو[۵] در ایجاد میدان ها با فرکانس ثابت (میدان های مغناطیسی ثابت[۶]) مطرح می‌باشند (Yamamoto و همکاران، ۲۰۰۳). اثر مگنت ها و میدان های مغناطیسی ثابت، در علوم مختلف طی مطالعاتی مورد ارزیابی قرار گرفته است (عباسی و نخجوانی، ۱۳۸۲؛ فیضی و همکاران، ۱۳۹۱ ؛ Yamamoto و

همکاران، ۲۰۰۳). Tarasewicz و همکاران (۲۰۰۶)، اثر میدان مغناطیسی ثابت ۰/۵ تا ۴ میکروتسلا را بر خصوصیات جوجه درآوری و وزن بلدرچین تفریخ شده مطالعه کرده و افزایش تعداد پرندگان تفریخ شده را گزارش نمودند، با این حال وزن پرندگان تفریخ شده به طور معنی‌داری از تیمار شاهد کمتر بود. وزن بیشتر لارو ماهی و نیز درصد تفریخ بهتری در مقایسه با شاهد، تحت تاثیر میدان مغناطیسی ثابت نیز گزارش شده است (Formicki و Winnicki، ۱۹۹۸). یکی از مشکلات صنعت طیور تخمگذار، شکستگی استخوان و درد ناشی از آن بوده که تولید و رفاه پرنده را مختل کرده و نگرانی حذف مرغ از گردونه تولید را به همراه دارد (Clark و همکاران، ۲۰۰۷). گزارش شده که ۳۵ درصد از تلفات مرغ های تخمگذار در سیستم نگهداری در قفس، می‌تواند به دلیل شکستگی استخوان ها باشد (McCoy و همکاران، ۱۹۹۶). علاوه بر آن، مرغ های لگهورن باید حدود ۹۰ درصد از رشد استخوانی خود را حداکثر تا سن ۱۲ تا ۱۶ هفتگی به دست آورند، چرا که بعد از آن تا شروع تخمگذاری، رشد عمدتا به افزایش وزن محدود می‌شود (Leesons و همکاران، ۱۹۹۸).

از این رو مشکل دیگر این صنعت، محدودیت زمانی رشد استخوان ها بوده که بعدا در اندازه تخم مرغ منعکس می‌شود. تامین نزدیک به ۳۵ درصد از کلسیم مورد نیاز هر تخم مرغ از استخوان ها (Cransberg و همکاران، ۲۰۰۱)، اهمیت این بافت را به عنوان یک عامل تعیین‌کننده تولید تخم مرغ بیش از پیش مشخص می‌کند. جوجه، یک مدل آزمایشگاهی مطلوب جهت بررسی رشد و نمو اندام حرکتی و چگونگی تمایز سلولی بافت جنینی مهره‌داران است (Davey و Tickle، 2007؛ Koch و همکاران، ۱۹۹۳؛ Tickle، ۲۰۰۲). به همین دلیل، در شاخه‌های پزشکی مطالعاتی با میدان های مغناطیسی در جوجه‌ها صورت گرفته، اما این مطالعات بیشتر مربوط به میدان های مغناطیسی پالسی و قبل از تفریخ و بدون توجه به نژاد، واریته یا سویه بوده و از نظر درصد تفریخ و صفات تولیدی نیز محدود هستند (Che و همکاران، ۲۰۰۷؛ Koch و همکاران، ۱۹۹۳؛ و Liu و همکاران، ۱۹۹۷).

با توجه به اینکه بهبود فعالیت سلول های استخوان ساز کندروسیت (Liu و همکاران، ۱۹۹۷) و استئوبلاست (Yamamoto و همکاران، ۲۰۰۳)، تحت تاثیر میدان های مغناطیسی مورد تائید قرار گرفته است، بنابراین، ممکن است بتوان استخوان سازی جنین مرغ را هم تحت تاثیر میدان های مغناطیسی ثابت بهبود بخشید و این بهبود ممکن است با یک همبستگی مثبت به مرحله پرورش و تولید هم انتقال یابد. از این رو هدف از این مطالعه، بررسی اثر میدان های مغناطیسی ثابت حین انکوباسیون بر وضعیت رشد استخوان، خصوصیات بافتی و مکانیکی استخوان، فراسنجه های بیوشیمیایی خون و صفات تولیدی جوجه‌های یک روزه واریته های-لاین W-36 نژاد لگهورن است.

مواد و روش ها

تیمارها و مرحله انکوباسیون

تعداد ۱۸۰ عدد تخم مرغ نطفه‌دار تازه واریته های-لاین W-36، با سن ۳۲ هفته، از شرکت مرغک خریداری شدند. تخم مرغ ها، وزن شده و به طور تصادفی به تیمار شاهد و ۵ سطح میدان مغناطیسی ثابت اختصاص داده شدند. هر تخم مرغ به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. تخم مرغ ها پس از انجام عملیات بهداشتی و ضدعفونی با گاز فرمالدئید، درون ستر با دمای ۳۸ درجه سانتیگراد و رطوبت ۶۰ درصد چیده شدند. چرخش اتوماتیک با زاویه ۴۵ درجه به سمت راست و چپ، هر ۶۰ دقیقه یک بار در ستر انجام شد (SM18، شرکت بال، ایران).

پیش از اعمال میدان مغناطیسی روی شان ها، جهت حداقل نمودن میدان مغناطیسی زمین و تبعیت جنین‌ها از میدان های اعمال شده، شان ها ابتدا در خط افق یعنی موازی با سطح زمین قرار می‌گرفتند، سپس بعد از اعمال تیمارها مجددا به حالت اولیه خود بازگردانیده می‌شدند (Saali و Juutilainen، ۱۹۹۸). جهت اعمال تیمارها، از مگنت‌هایی به ابعاد ۳۶×۳۶×۰/۰۳۸ سانتیمتر که شدتی معادل ۴۰۰۰ میکروتسلا (۴۰ گوس) ایجاد می‌نمود استفاده شد.

مگنت‌های مذکور به صورت افقی و کشویی در ارتفاع ۳/۰،۲/۳، ۳/۷ ، ۴/۴ و ۵/۱ سانتیمتری از سطح فوقانی تخم مرغ ها قرار می‌گرفتند، تا میدان هایی مغناطیسی معادل ۱۰، ۷/۵، ۶، ۵ و ۴

میکروتسلا در سطح تخم مرغ ها ایجاد نمایند. میدان ها در روزهای ۵، ۷، ۹، ۱۱و ۱۵ جنینی، به مدت ۱۲ دقیقه اعمال شدند (Tarasewicz و همکاران، ۲۰۰۶). شدت میدان مغناطیسی مگنت‌ها بوسیله تسلامتر(KAISE, Digital multitester sk-6111آلمان) اندازه‌گیری شد. به منظور کنترل اثر خطوط میدان مغناطیسی هر شان، یک ورقه آلومینیومی در زیر هر شان تعبیه گردید. یک ورقه آلومینیومی همچنین به منظور حذف آثار فیزیکی این صفحه در زیر گروه شاهد تعبیه گردید. در روز ۱۸ جنینی، تخم‌مرغ ها به سه سینی در هچر منتقل شدند (شرکت بال، ایران). هر سینی توسط توری پلاستیکی به دو قسمت تقسیم گردید به طوری که هر ۳۰ عدد تخم مرغ در یک قسمت قرار می‌گرفت. دما و رطوبت در هچر به ترتیب ۳۷/۵ درجه سانتیگراد و ۷۰ درصد منظور گردید. وزن جوجه‌ها بعد از تفریخ اندازه‌گیری شد. تخم‌مرغ های تفریخ نشده در ۲۲ روزگی شکسته شدند تا به صورت ماکروسکوپی تخم مرغ های بدون نطفه و مرگ و میر جنینی (اوایل، اواسط و اواخر دوره) مشخص شود (Joseph و Moran، ۲۰۰۵). جنین‌های بدون پر در هفته اول قرار گرفت و جنین‌های هفته دوم و سوم بر مبنای وزن ۱۴ روزگی (۹/۷۵ گرم) و ۱۵ روزگی (۱۲ گرم)، که در یک پیش آزمایش معین شده بودند، مشخص شد.

پارامترهای استخوانی

از هر تیمار، پانزده جوجه در یک روزگی کشتار گردیدند. هر دو استخوان ساق، به دقت از بافت گوشتی چسبیده به آن جدا گردید. ده استخوان ساق راست با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن کشی شدند و حجم استخوان ها با استفاده از یک سیلندر با دقت ۰/۰۱ میلی لیتر بدست آمدند. طول استخوان ها و قطر کوچک و بزرگ آن ها در وسط دیافیز، با یک کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شدند. این ده استخوان سپس جهت حفظ رطوبت در پلاستیک قرار داده شده و در ۲۰- درجه سانتیگراد منجمد گردیدند تا بعدا جهت ارزیابی خصوصیات مکانیکی استخوان استفاده شوند. ده استخوان ساق چپ به ارزیابی بافتی استخوان اختصاص داده شدند. بقیه استخوان ها، ۵ ساق چپ و ۵ ساق راست، در پلاستیک گذاشته شده و در ۲۰- درجه سانتیگراد منجمد گردیدند تا بعدا جهت تعیین خاکستر استفاده شوند (Liu و همکاران، ۲۰۰۳؛ Liu و همکاران، ۲۰۰۴). قبل از تعیین ماده خشک، استخوان ها وزن شده و ماده خشک آن ها در ۵۵ درجه سانتیگراد و مدت ۴۸ ساعت معین شد. سپس خاکستر آن ها نیز در ۶۰۰ درجه سانتیگراد و مدت ۶ ساعت بدست آمد (Kim و همکاران، ۲۰۰۴).

آزمون بیومکانیک استخوان

استخوان ساق پای راست جوجه‌های یک روزه به مدت ۱۲ ساعت یخ‌گشایی شد. نمونه‌ها حین آزمایش مرطوب نگه داشته شدند. مقاومت کششی استخوان[۷] با فشاری معادل ۱۰ نیوتن و سرعت ۱۳ میلی‌متر بر دقیقه، تا زمان شکستن استخوان اندازه‌گیری شد. حداکثر نیرو در زمان شکستن استخوان[۸] بوسیله دستگاه اینسترون (BT1-FR 0.5 TH.D14, 191483آلمان) با رسم منحنی نیرو در مقابل تغییر طول اندازه‌گیری شد (Sikorska و همکاران، ۲۰۱۰).

فراسنجه های بافتی استخوان

استخوان ساق پای چپ جوجه‌های یک روز چندین بار با سرم نمکی سرد (۰/۹ درصد، ۵ درجه سانتیگراد) شستشو داده شدند. نمونه‌ها به صورت جداگانه در فرمالین ۱۰٪ به مدت دو هفته قرار داده شدند تا ثبات کامل صورت گیرد. سپس نمونه‌ها توسط محلول اسید نیتریک، کلسیم‌زدایی گردیدند (جهت سهولت در برش با میکروتوم). نمونه‌های استخوان به صورت طولی برش داده شدند و سپس هرکدام از مرکز دیافیز به دو قسمت تقسیم گردیدند (Liu و همکاران، ۲۰۰۳؛ Liu و همکاران، ۲۰۰۴). پس از آبگیری با درجات صعودی اتانول ۷۰ تا ۹۹ درصد، قالب‌گیری توسط پارافین صورت پذیرفت. برش های سریالی ۵ میکرونی توسط میکروتوم تهیه شدند. جهت تهیه لام های دایمی، رنگ-آمیزی برش ها به روش هماتوکسیلین- ائوزین صورت پذیرفت (Harris، ۱۹۹۰). پهنای صفحه رشد استخوان ساق با یک میکروسکوپ نوری تحقیقاتی(LEITZWETZLAR-, 513043آلمان) با بزرگنمایی ۱۰۰۰ مشخص شد. سپس با کمک یک دوربین دیجیتال (MOTICAM-2000) عکس هایی با

شفافیت ۸۰۰ ×۶۰۰ پیکسل تهیه گردید. در نهایت اندازه‌گیری پهنای صفحه رشد با نرم افزار ماتیک[۹] صورت پذیرفت.

ترکیبات بیوشیمیایی خون

نمونه‌های خون در یک روزگی با قطع سر جوجه‌ها به دست آمد. هر دو جوجه به عنوان یک نمونه در نظر گرفته شدند. برای هر تیمار ۵ نمونه در نظر گرفته شد. سرم خون بعد از جدا سازی در ۲۰- درجه سانتیگراد برای تجزیه‌های بعدی نگهداری گردید. سطوح فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون (گلوکز، پروتئین، تری-گلیسرید، کلسترول، کلسیم، فسفر و فعالیت آلکالین فسفاتاز) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر(VARIAN, CARY 100, UV visible) اندازه‌گیری شدند. در اندازه‌گیری ترکیبات بیوشیمیایی خون، از کیت‌های شرکت پارس‌آزمون استفاده گردید.

آنالیز آماری

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۴) و مدل آماری طرح کاملاً تصادفی به شرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند. $Xij = \mu + Ti + eij$، به طوری که Xij = مقدار مشاهده در هر واحد آزمایشی، μ = میانگین جمعیت، Ti = اثر هر تیمار و eij = اثر اشتباه آزمایشی است. داده‌های تفریخ، با واحد درصد و نسبت، قبل از آنالیز به آرکوسینوس تبدیل شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح آماری ۵ درصد صورت گرفت. میانگین واریانس داخل تیمارها به صورت SEM بیان گردید.

نتایج:

همانطورکه در جدول۱ نشان داده شده است، هیچ تفاوت معنی-داری بین میانگین وزن تخم مرغ ها قبل از انکوباسیون وجود ندارد($p>۰/۰۵$)، با این حال، اختلاف معنی‌داری بین وزن پرندگان تفریخ شده وجود داشته به طوری که میانگین وزن پرندگان ۱۰ میکروتسلا به طور معنی‌داری کمتر($p<۰/۰۵$) از تیمار شاهد و ۶ میکروتسلا است. در واقع تیمار ۶ میکروتسلا، بهترین میانگین وزن پرندگان تفریخ شده و بهترین درصد تبدیل وزن تخم مرغ به جوجه را نیز به صورت عددی($p>۰/۰۵$) به خود اختصاص داده است. طبق جدول۱ نیز، درصد باروری تخم مرغ ها مشابه بوده($p>۰/۰۵$) و تفاوت معنی داری هم در میزان تفریخ تخم مرغ های بارور دیده نمی‌شود($p>۰/۰۵$)، اما صرف نظر از ضعیف‌ترین تیمار اعمال شده یعنی ۴ میکروتسلا، تفریخ تخم مرغ های تیمار شده میانگین بیشتری را به صورت عددی نسبت به شاهد نشان می‌دهد. همچنین مرگ جنینی اوایل، اواسط و اواخر دوره جوجه کشی تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت($p>۰/۰۵$). اما به صورت عددی، بیشترین تلفات به ترتیب دراوایل و اواخر دوره جنینی رخ داد. اوسط جنینی، ۸ تا ۱۴ روزگی، کمترین تلفات را به خود اختصاص داد.

اثر تیمارها بر مورفولوژی و خصوصیات بیومکانیک استخوان، در جدول۲ نشان داده شده است. طول استخوان ساق پای پرندگان تیمار ۶ میکروتسلا به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت ($p<۰/۰۵$)، هر چند افزایش معنی‌داری در طول استخوان ساق پای دیگر تیمارها نسبت به شاهد مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). وزن و چگالی استخوان از تیمارهای به کار رفته متاثر نشد و اختلاف معنی‌داری بین میانگین تیمارها از این نظر دیده نشد ($p>۰/۰۵$). نتایج آزمون بیومکانیک استخوان ها نشان می‌دهد که بهبود معنی-داری ($p>۰/۰۵$) در میانگین مقاومت مکانیکی استخوان پرندگان تیمار شده حاصل نشده است.

فراسنجه های بیوشیمیایی خون در جدول۳ نشان می‌دهند که روند مشخصی در فعالیت آلکالین فسفاتاز سرم خون پرندگان تیمار شده دیده نمی‌شود. با این حال، صرف نظر از تیمار ۴ میکروتسلا، میانگین فعالیت آلکالین فسفاتاز سرم خون این پرندگان به صورت عددی از تیمار شاهد بیشتر است ($p>۰/۰۵$).

همچنین، روند منظمی در کلسیم و فسفر سرم خون پرندگان تیمار شده با میدان مغناطیسی دیده نمی‌شود اما کلسیم در همه پرندگان تیمار شده به صورت عددی از شاهد بیشتر($p>۰/۰۵$) بوده و فسفر در تیمار ۷/۵ و ۶ میکروتسلا افزایش معنی‌داری($p<۰/۰۵$) را نسبت به شاهد نشان می‌دهد. در نهایت به غیر از کلسترول، اثر معنی‌داری از میدان های مغناطیسی بر ترکیبات بیوشیمیایی خون دیده نمی‌شود.

جدول ۱- میانگین وزن تخم مرغ و اثر میدان مغناطیسی بر وزن جوجه‌ها و فراسنجه‌های تفریخ تخم مرغ واریته های لاین W-36

تیمارها	وزن تخم مرغ (گرم)	وزن جوجه (گرم)	وزن جوجه به تخم مرغ (درصد)	میزان باروری (درصد)	میزان تفریخ* (درصد)	مرگ جنینی* (درصد)		
						اوایل	اواسط	اواخر
شاهد	۵۸/۴۵	۴۰/۷۵^{a}	۶۹/۷۶	۹۶/۶۷	۸۶/۲۱	۶/۸۹۵	۰	۶/۸۹۵
۴ میکروتسلا	۵۷/۶۳	۴۰/۱۷^{ab}	۶۹/۷۴	۹۶/۶۷	۸۲/۷۶	۳/۴۴۷	۳/۴۴۷	۶/۸۹۵
۵ میکروتسلا	۵۸/۱۱	۳۹/۸۸^{ab}	۶۸/۶۲	۱۰۰	۹۰/۰۰	۰	۳/۳۳۰	۶/۶۶۰
۶ میکروتسلا	۵۷/۸۶	۴۱/۳۱^{a}	۷۱/۱۱	۱۰۰	۹۰/۰۰	۶/۶۶۰	۰	۳/۳۳۰
۷/۵ میکروتسلا	۵۷/۱۷	۴۰/۱۱^{ab}	۶۹/۷۱	۹۶/۶۷	۹۳/۱۰	۶/۸۹۵	۰	۰
۱۰ میکروتسلا	۵۷/۱۷	۳۹/۲۹^{b}	۶۸/۹۲	۱۰۰	۸۶/۶۷	۶/۶۶۰	۳/۳۳۰	۳/۳۳۰
مقدار p	۰/۵۲۷	۰/۰۴۸	۰/۰۸۴	۰/۷۰۰	۰/۸۷۴	۰/۷۸۷	۰/۷۰۵	۰/۷۵۲
میانگین خطای استاندارد	۰/۵۶۱۲	۰/۴۶۴۶	۰/۶۰۵۴	۲/۳۵۷۰	۶/۰۲۶۲	۴/۰۸۶۶	۲/۳۹۷۴	۳/۸۴۰۳

* از تخم مرغ نطفه دار؛ صفر تا ۷ روزگی (اوایل)؛ ۸ تا ۱۴ روزگی (اواسط)؛ ۱۵ تا ۲۱ (اواخر).

میانگین‌ها در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد ($p>0/05$).

۴، ۵، ۶ ، ۷/۵ و ۱۰ میکروتسلا، میدان های مغناطیسی اعمال شده هستند.

جدول ۲- اثر میدان مغناطیسی بر صفات، خصوصیات مکانیکی و بافتی استخوان ساق جوجه یک روزه واریته های لاین W-36

تیمارها	طول (سانتیمتر)	وزن (گرم)	چگالی (گرم/سانتیمتر مکعب)	خاکستر (درصد)	نیروی حداکثر (نیوتن)	مقاومت کششی (پاسکال)	صفحه رشد (میکرومتر)
شاهد	۲/۷۹۸^{bc}	۰/۱۴۷	۱/۰۲۶	۳۳/۶۵	۶/۴۱	۰/۷۳۴	۳۸۰^{c}
۴ میکروتسلا	۲/۷۸۷^{c}	۰/۱۴۶	۱/۰۲۸	۳۳/۲۵	۶/۶۴	۰/۷۸۷	۳۸۱^{c}
۵ میکروتسلا	۲/۸۴۹^{ab}	۰/۱۵۴	۱/۰۲۹	۳۳/۵۳	۶/۴۰	۰/۷۵۹	۳۸۲^{c}
۶ میکروتسلا	۲/۸۷۶^{a}	۰/۱۵۰	۱/۰۲۶	۳۳/۴۲	۶/۶۴	۰/۷۸۷	۴۰۱^{a}
۷/۵ میکروتسلا	۲/۸۳۸^{abc}	۰/۱۵۱	۱/۰۱۱	۳۳/۵۹	۶/۴۹	۰/۷۷۰	۳۸۶^{b}
۱۰ میکروتسلا	۲/۸۵۶^{ab}	۰/۱۵۴	۱/۰۱۰	۳۳/۳۳	۶/۳۳	۰/۷۵۱	۳۹۶^{a}
مقدار p	۰/۰۱۵	۰/۷۲۶	۰/۵۶۶	۰/۹۹۹	۰/۴۳۴	۰/۴۳۳	۰/۰۰۱
میانگین خطای استاندارد	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۱۵	۲/۱۵۳۱	۰/۱۷۲۸	۰/۰۲۰۵	۱/۹۰۲۱

جدول ۳- اثر میدان مغناطیسی بر برخی از فراسنجه‌های خونی جوجه یک روزه واریته های لاین W-36

تیمارها	فعالیت آلکالین فسفاتاز	کلسیم (*)	فسفر (*)	پروتئین کل (گرم/دسی‌لیتر)	تری گلیسرید (*)	کلسترول (*)	گلوکز (*)
شاهد	۵۳۶/۰۰	۶/۱۹	۴/۴۰^{b}	۲/۰۶	۸۷/۸۵	۳۴۳/۸۹^{bc}	۲۱۱/۷۸
۴ میکروتسلا	۵۲۹/۶۰	۶/۲۴	۴/۶۳^{b}	۲/۲۲۶	۸۷/۵۲	۳۱۰/۲۲^{d}	۲۲۴/۰۳
۵ میکروتسلا	۶۲۹/۶۰	۶/۵۵	۵/۰۳^{ab}	۲/۲۸۶	۷۴/۹۶	۳۶۴/۰۴^{abc}	۲۲۶/۹۳
۶ میکروتسلا	۶۸۰/۶۰	۶/۴۷	۵/۵۶^{a}	۲/۳۳۶	۷۲/۹۳	۳۳۷/۰۷^{cd}	۲۲۶/۹۹
۷/۵ میکروتسلا	۶۵۳/۳۰	۷/۰۷	۵/۵۶^{a}	۲/۳۲	۷۶/۴۶	۳۸۶/۲۴^{a}	۲۳۱/۹۱
۱۰ میکروتسلا	۶۵۹/۹۰	۶/۹۸	۵/۰۱^{ab}	۲/۳۹	۸۸/۰۳	۳۷۱/۵۲^{ab}	۲۳۹/۹۰
مقدار p	۰/۷۷۵	۰/۰۶۸	۰/۰۰۸	۰/۳۹۵	۰/۷۶۹	۰/۰۰۱	۰/۴۵۰
میانگین خطای استاندارد	۹۳/۶۲۶۴	۰/۲۴۰۰	۰/۲۲۳۲	۰/۱۱۰۸	۱۰/۱۷۸۳	۹/۳۷۱۵	۹/۲۱۱۵

میانگین‌ها در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد ($p>0/05$).

۴ ، ۵، ۶ ، ۷/۵ و ۱۰ میکروتسلا، میدان های مغناطیسی اعمال شده هستند.

* میلی گرم/دسی‌لیتر.

بحث

همان طور که در بخش مقدمه ذکر شد، شدت، فرکانس و مدت زمان اعمال میدان مغناطیسی، از دسته فاکتورهای مهم و کلیدی تعیین کننده می باشند.

این فاکتورها به شکل معنی‌داری در پژوهش ها متفاوت بوده به طوری که مقایسه مستقیم دو مطالعه حتی در صورت داشتن شدت میدان یکسان باز هم قابل انجام نیست (Koch و همکاران، ۱۹۹۳). در بحث میدان های مغناطیسی ثابت، باز هم یافتن مطالعاتی که شدت مشابهی داشته باشند دشوار است، با این حال در بحث این مطالعه سعی شد تا تنها از میدان های مغناطیسی ثابت استفاده شود. در پژوهش حاضر، نسبت وزن جوجه به وزن تخم مرغ تقریبا در محدوده گزارش شده (٪۷۰ -۶۰) برای مرغ قرار دارد. در این مطالعه، صرف نظر از تیمار ۶ میکروتسلا، کاهش وزن پرندگان تفریخ شده که مخصوصا در تیمار ۱۰ میکروتسلا معنی‌دار است، مشاهده می‌شود.

Tarasewicz و همکاران (۲۰۰۶) نیز کاهش معنی‌دار وزن بلدرچین‌های تفریخ شده تحت یک میدان مغناطیسی ۰/۵ تا ۴ میکروتسلا را نشان داده‌اند.

Toman و همکاران (۲۰۰۲) هم کاهش وزن جوجه‌های نژاد همشایر را تحت اعمال یک میدان مغناطیسی گزارش نمودند، اما برخلاف مطالعه حاضر، شدت آن ۰/۰۷ تسلا بود.

در مطالعات ذکر شده Toman و همکاران (۲۰۰۲) و Tarasewicz و همکاران (۲۰۰۶)، هیچ دلیلی برای کاهش وزن جوجه حین انکوباسیون با یک میدان مغناطیسی ذکر نگردیده است. کاهش وزن پرندگان تیمار ۱۰ میکروتسلا در این مطالعه می‌تواند به وقوع احتمالی یک حالت شبه هیپوکسی مربوط باشد. زیرا گزارش شده که وزن موش هایی که روزانه یک ساعت در معرض میدان مغناطیسی ۱۲۸ میلی‌تسلا قرار گرفته بودند در ۱۴ و ۲۱ روزگی، به طور معنی‌داری از شاهد کمتر بود.

چون آب مصرفی این موش ها با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، لذا کاهش وزن آن ها با توجه به افزایش تعداد گلبول قرمز و هموگلوبین آن ها، می‌تواند به احتمال ایجاد یک حالت شبه هیپوکسی مربوط باشد (Amara و همکاران، ۲۰۰۶) که به راندمان پائین‌تر مواد مغذی تحت شرایط بی‌هوازی نسبت به - هوازی اشاره دارد. با این حال، استناد به این متغیرها راه مناسبی

نبوده اما هنوز روش دقیقی برای تعیین حالت شبه هیپوکسی در میدان های مغناطیسی ثابت پیشنهاد نشده است (Amara و همکاران، ۲۰۰۶).

در توجیه کاهش وزن با میدان های مغناطیسی، عبور شارژ الکتریکی از ارگانیسم که بر متابولیسم آن اثر می‌گذارد همچنین به عنوان یک عامل تعیین کننده دیگر پیشنهاد شده است (Garcıa-Perez و همکاران، ۱۹۹۹). به عبارت دیگر، مکانیسم میدان مغناطیسی به جابجایی یون های آزاد سطح غشاء برمی‌گردد که باعث تغییر بار الکتریکی غشاء می‌شود. این تغییر، باعث باز شدن کانال های یونی وابسته به ولتاژ می‌شود که یکی از پیامدهای آن تغییر در هدایت یون کلسیم است.

یون کلسیم به عنوان پیامبر ثانویه خوانده می‌شود. لذا می‌تواند با دخالت در نسخه برداری RNA، سنتز پروتئین و DNA؛ سرعت تقسیم سلولی را کنترل کند. بنابراین با توجه به شدت میدان ممکن است تقسیم سلولی بهبود یابد یا حالتی عکس مشاهده شود. بنابراین، در تیمار ۱۰ میکروتسلا به نظر می‌رسد که شدت میدان بر انتقال کلسیم و در نتیجه تقسیم سلولی و وزن پرنده اثر مناسب نداشته است (Panagopoulos و همکاران، ۲۰۰۲).

درصد باروری متغیری است که از قبل تعیین شده و به گله مادر بستگی داشته و طرح آن در این مطالعه صرفا برای بیان شفاف‌تر نسبت تفریخ و مرگ جنینی به باروری است. در این مطالعه، صرف نظر از تیمار ۴ میکروتسلا که دلیل واضحی برای آن وجود ندارد، درصد تفریخ بقیه تیمارها به صورت عددی از شاهد بیشتر بوده که نتیجه مطالعه Tarasewicz وهمکاران (۲۰۰۶) را تایید می‌کند. این محققان، بهبود غیر معنی‌دار ۵/۳ درصدی تفریخ تخم بلدرچین ژاپنی را تحت شدت کم میدان مغناطیسی گزارش نمودند. در مقابل، اعمال میدان مغناطیسی ۰/۰۷ تسلا در همه روزهای انکوباسیون به مدت ۱۰ دقیقه، باعث افزایش معنی‌دار تلفات گردیده است (Toman و همکاران،۲۰۰۲).

همچنین Pan (۱۹۹۶)، اثر یک میدان مغناطیسی قوی ۷ تسلا را بر خصوصیات تفریخ لارو پروانه توتون[10] ارزیابی نمود و تاخیر در زمان و درصد تقریخ تخم این پروانه را نشان داد. او تفریخ تخم این پروانه را وسیله نسبتا مناسبی برای تعمیم بیان اثرات مضر عکس برداری رزنانسی- مغناطیسی با شدت ۴ تا ۱۰ تسلا، در انسان پیشنهاد نموده است. علاوه بر شدت و مدت میدان مغناطیسی، پیشنهاد شده که اثر منفی میدان های مغناطیسی محدود به روز اول انکوباسیون بوده که مقارن با شروع اندام زایی[11] است (Martin، ۱۹۹۸). بنابراین به نظر می‌رسد که نتایج متناقض میدان مغناطیسی بر تفریخ تخم پرندگان تا حدودی می‌تواند با تفاوت در شدت میدان، مدت استفاده و روزهای انکوباسیون قابل توجیه باشد. در این مطالعه همانند درصد تفریخ، اختلاف معنی داری هم بین مرگ جنینی تیمارهای مختلف دیده نمی‌شود که نشان می‌دهد تیمارهای ۴ تا ۱۰ میکروتسلا در محدوده تحمل جنینی بوده و از این نظر اختلاف معنی‌داری بین آن ها وجود ندارد.

علاوه بر آن، چون بیان شده که موجودات کوچکتر تحت شرایط یکسان ممکن است از یک میدان مغناطیسی آسیب بیشتری ببینند (Rath و همکاران، ۲۰۰۰)، به همین دلیل مرگ جنینی به سه دوره معین تقسیم شد تا بهتر بتوان اثر میدان مغناطیسی را بر آن بررسی نمود.

میانگین مرگ جنینی اوایل، اواسط و اواخر دوره جنینی تیمارها به ترتیب ۵/۰۹، ۱/۶۹ و ۴/۵۱ بود، که اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. بنابراین به نظر می‌رسد که حساسیت جنین‌های جوان و مسن-تر به تیمارهای اعمال شده تقریبا یکسان است.

تمایز پیش استئوبلاست ها به استئوبلاست ها، میزان آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون را افزایش می‌دهد (Zhou و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین معین شده که فعالیت آلکالین فسفاتاز، یک معیار شناخته شده برای ارزیابی فعالیت استخوان‌سازی استئوبلاستها می‌باشد (Blais و همکاران، ۲۰۰۹). صرفنظر از فعالیت آلکالین فسفاتاز تیمار ۴ میکروتسلا، بالاتر بودن فعالیت آلکالین فسفاتاز، کلسیم و فسفر سرم خون پرندگان تیمار شده نسبت به شاهد، گویای تمایل بیشتر اسکلت این پرندگان به ذخیره مواد معدنی است که مخصوصا در طول استخوان پرندگان ۶ میکروتسلا به خوبی نمایان شده است. در این مطالعه، طبق متغیرهای مقاومت کششی و حداکثر نیرو جهت شکستن استخوان، استحکام استخوان ها مشابه

بوده که این موضوع از چگالی و درصد خاکستر مشابه استخوان ساق تیمارها هم قابل استنباط است، زیرا بیان شده است که معدنی شدن استخوان، باعث استحکام استخوان می‌شود و از این رو محتوی خاکستر استخوان و تراکم مواد معدنی استخوان، شاخص های استحکام استخوان را تشکیل می‌دهند (Pan، ۱۹۹۶).

هر چند در این مطالعه گلوکز خون از سطوح میدان مغناطیسی متاثر نشد، اما افزایش جزیی آن در پرندگان تیمار شده مشاهده می‌شود. افزایش جزیی قند خون موش ها بعد از ۱۰ روز قرار گرفتن، هر روز یک ۱ ساعت، در معرض میدان مغناطیسی ۰/۱ تا ۱۰ میکرو تسلا هم گزارش شده است (Gorczynska و Wegrzynowics، ۱۹۹۱). علاوه بر آن، مشخص شده که گلوکز سرم خون موش ها پس از ۲۰ روز قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی ۵۰۰ گوس، با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشته است (عباسی و نخجوانی، ۱۳۸۲)، که با نتایج این مطالعه هم خوانی دارد. در این مطالعه به نظر می‌رسد که نفوذ کلسیم به سلول های بتای پانکراس پرندگان تحت تاثیر میدان های مغناطیسی اعمال شده قرار نگرفته است. چرا که نفوذ بیشتر کلسیم به این سلول ها کاهش گلوکز خون را به همراه خواهد داشت (Kim و همکاران، ۱۹۹۸). از نقطه نظر رفاه پرنده، افزایش عددی و خطی گلوکز خون می‌تواند دال بر افزایش استرس وارده بر پرندگان به موازات افزایش شدت میدان مغناطیسی هم باشد. همانند گلوکز خون، کلسترول هم به عنوان شاخص دیگری از استرس شناخته شده است (Shanmugapriya و همکاران، ۲۰۱۲). هر چند در مورد کلسترول روندی خطی- افزایشی چون گلوکز دیده نمی‌شود، اما صرف‌نظر از تیمار ۴ میکروتسلا، افزایش کلسترول می‌تواند گویای استرس وارده بر پرندگان تیمار شده با میدان مغناطیسی باشد. در نهایت، عدم اختلاف معنی‌دار در سطح گلوکز، پروتئین و تری‌گلیسریدهای خون، نشان دهنده صحت چرخه کربس و سلامت پرندگان بوده و بیان می‌کند که میدان های اعمال شده در محدوده تحمل جنینی قرار دارد. زیرا تغییر سطح پروتئین و تری‌گلیسریدهای خون، منعکس کننده اختلال در متابولیسم گلوکز است (Amara و همکاران، ۲۰۰۶).

نتیجه نهایی

نتایج این آزمایش نشان می دهند که میدان مغناطیسی ۶ میکروتسلا به طور معنی‌داری باعث افزایش پهنای صفحه رشد و در نتیجه افزایش طول استخوان ساق شده است. بهترین وزن جوجه‌های تفریخ شده نیز به این شدت از میدان تعلق دارد. از این رو، طراحی مطالعاتی در دوره پرورش و تولید با این دسته از جوجه‌های یک روزه، ممکن است رهگشا باشد. صرف نظر از تیمار ۴ میکروتسلا، افزایش رقمی درصد تفریخ در سایر پرندگان تیمار شده دیده می‌شود. از این جهت به نظر میرسد جهت تعیین نتایج قطعی میدان ۴ میکروتسلا بر درصد تفریخ مرغ تخمگذار به مطالعات بیشتری نیاز باشد. در نهایت، مطالعات بیشتری جهت بررسی وضعیت شبه هیپوکسی در میدان با شدت ۱۰ میکرو تسلا، ممکن است مناسب باشد.

پاورقی‌ها:

1- Static
2- Extremely low-frequency
3- Intermediate
4- Radio
5-Force source
6- Static magnetic field
7-Tensile strength
8- F max
9- Motic
10- Tobacco bugworm (Heliothis virescens)
11- Gastrulation

منابع

عباسی، م.، و نخجوانی، م. (۱۳۸۲). آثار حیاتی میدان های مغناطیسی: اثر میدان در کاهش قند خون موش آزمایشگاهی. *مجله دیابت و لیپید ایران، شماره ۲* (۱)، ۵۹- ۶۳.

فیضی، ح.، رضوانی مقدم، پ.، صحابی، ح.، و امیر مرادی، ش. (۱۳۹۱). تحریک جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه گوجه فرنگی با استفاده از میدان مغناطیسی و خیسانیدن بذر. *نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره۲۶*، ۳۴۳-۳۴۹.

Amara, S., Abdelmelek, H., Ben Salem, M., Abidi, R., and Sakly, M. (2006). Effects of static magnetic field exposure on hematological and biochemical parameters in rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology, 49* (6), 889-895.

Blais, A., Malet, A., Mikogami, T., Martin-Rouas, C., and Tome, D. (2009). Oral bovine lactoferrin improves bone status of ovareictomized mice. *American Journal of Physiology – Endocrinology and metabolism, 296* (6), 1281-8.

Che, Y., Sun, H., Cui, Y., Zhou, D., and Ma, Y. (2007). Effects of exposure to 50 Hz magnetic field of 1 mT on the performance of detour learning task by chicks. *Brain Research Bulletin, 74*, 178-182.

Clark, W. D., Cox, W. R., and Silversides, F. G. (2007). Radiodensity in the central cavity of hummer in high-producing noncommercial laying hens. *British Poultry Science, 48*, 647-650.

Cransberg, P. H., Parkinson, G. B., Wilson, S., and Thorp, B. H. (2001). Sequential studies of skeletal calcium reserves and structural bone volume in a commercial layer flock. *British Poultry Science, 42*, 260-265.

Davey, M. G., and Tickle, C. (2007). The chicken as a model for embryonic development. *Cytogenetic and Genome Research, 117*, 231-239.

Diniz, P., Shomura, K., Soejima, K., and Ito, G. (2002). Effects of pulsed electromagnetic field (PEMF) stimulation on bone tissue like formation are dependent on the maturation stages of the osteoblasts. *Bioelectromagnetics, 23*, 398-405.

Formicki, K., and Winnicki, A. (1998). Reactions of fish embryos and larvae to constant magnetic fields. *Italian Journal of Zoology, 65*, 479-482.

Garcıa-Perez, A. I., Lopez-Beltran, E. A., Kluner, P., Luque, J., Ballesteros, P., and Cerdan, S. (1999). Molecular crowding and viscosity as determinants of translational diffusion of metabolites in subcellular organelles. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 362* (2), 329-338.

Gorczynska, E., and Wegrzynowics, R. (1991). Glucose homeostasis in rats exposed to magnetic fields. *Investigative Radiology, 26*, 1095-1100.

Harris, H. F. (1900). Haematoxylin into haematein in staining reactions. Journal of applied *Microscopy Laboratory Methods, 3*, 777-780.

Hartwig, V., Giovannetti, G., Vanello, N., Lombardi, M., Landini, L., and Simi, S. (2009). Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 6* (6), 1778-1798.

Joseph, N. S., and Moran Jr, E. T. (2005). Characteristics of eggs, embryos, and chicks from broiler breeder hens selected for growth or meat yield. *Journal of Applied Poultry Research, 14*, 275-280.

Kim, Y. V., Conover, D. L., Lotz, W. G., and Cleary, S. F. (1998). Electric field-induced changes in agonist-stimulated calcium fluxes of human HL-60 leukemia cells. *Bioelectromagnetics, 19*, 366-376.

Kim, W. K., Donalson, L. M., Herrera, P., Woodward, C. L., Kubena, L. F., Nisbet, D. J., and Ricke, S. C. (2004). Effects of different bone preparation methods (fresh, dry, and fat-free dry) on bone parameters and the correlations between bone breaking strength and the other bone parameters. *Poultry Science, 83*, 1663-1666.

Koch, W. E., Koch, B. A., Martin, A. H., and Moses, G. C. (1993). Examination of the development of chicken embryos following exposure to magnetic fields. *Comparative Biochemistry and Physiology, 105* (4), 617-624.

Kula, B., Sobczak, A., Grabowska-Bochenek, R., and Piskorska, D. (1999). Effect of electromagnetic field on serum biochemical parameters in steel workers. *Journal of Occupational Health, 41*, 177-180.

Leesons, S., and Summers, J. D. (1998). Commercial poultry nutrition, 3rd ed., Nottingham University Press, UK, 138 pp.

Liu, H., Lees, P., Abbott, J., and Bee, J. A. (1997). Pulsed electromagnetic fields preserve proteoglycan composition of extracellular matrix in embryonic chick sternal cartilage. Biochimica et Biophysica Acta, 1336 (2), 303-314.

Liu, D., Veit, H. P., Wilson, J. H., and Denbow, D. M. (2003). Long-term supplementation of various dietary lipids alters bone mineral content, mechanical properties and histological characteristics of Japanese quail. Poultry Science, 82, 831-839.

Liu, D., Veit, H. P., and Denbow, D. M. (2004). Effects of long-term dietary lipids on mature bone mineral content, collagen, crosslinks, and prostaglandin E2 production in japanese quail. Poultry Science, 83, 1876-1883.

Martin, A. H. (1998). Magnetic fields and time dependent effects on development. Bioelectromagnetics, 9 (4), 393-396.

McCoy, M. A., Reilly, G. A., and Kilpatrick, D. J. (1996). Density and breaking strength of bones of mortalities among caged layers. Research in Veterinary Science, 60 (2), 185-186.

Rath, N. C., Huff, G. R., Huff, W., and Balog, J. M. (2000). Factors regulating bone maturity and strength in poultry. Poultry Science, 79, 1024-1032.

Pan, H. (1996). The effect of a 7 T magnetic field on the egg hatching of Heliothis virescens. Magnetic Resonance Imaging, 14 (6), 673-677.

Panagopoulos, D. J., Karabarbounis, A., and Margaritis, L. H. (2002). Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. Biochemical and Biophysical Research Communications, 298, 95-102.

Saali, K., and Juutilainen, J. (1998). Orientation of chick embryos in static magnetic fields. Annales Botanici Fennici, 25, 187-189.

SAS Institute. (2004). User's Guide: Statistics. Version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Shafey, T. M., Aljumaah, R. S., Swillam, S. A., Al-mufarrej, S. I., Al-abdullatif, A. A., and Ghannam, M. M. (2011). Effects of short term exposure of eggs to magnetic field before incubation on hatchability and post-hatch performance of meat chickens. Saudi Journal of Biological Sciences, 18, 381-386.

Shanmugapriya, S., Sarumathi, A., and Saravanan, N. (2012). Study of lipid profile changes and histopathology examination of heart under immobilization stress with static magnetic field exposure in rats. International Journal of Environmental Biology, 2, 41-49.

Sikorska, J., Szmidt, M., Sawosz, E., Niemiec, T., Grodzik, M., and Chwalibog A. (2010). Can silver nanoparticles affect the mineral content, structure and mechanical properties of chicken embryo bones? Journal of Animal and Feed Sciences, 19, 286-291.

Tarasewicz, Z., Szczerbinska, D., Majewska, D., Danczak, A., Ligocki, M., and Wolska, A. (2006). The effect of magnetic field on hatchability of Japanese quail eggs. Czech Journal of Animal Science, 51, 355-360.

Tickle, C. (2002). Vertebrate limb development and possible clues to diversity in limb form. Journal of Morphology, 252, 29-37.

Toman, R., Jedlicka, J., and Broucek, J. (2002). The influence of a temporary magnetic field on chicken hatching. Journal of Environmental Science and Health, 37, 969-974.

Yamamoto, Y., Ohsaki, Y., Goto, T., Nakasima, A., and Iijima, T. (2003). Effects of static magnetic fields on formation in rat osteoblast cultures. Journal of Dental Research, 82, 962-966.

Zhou, Z. L., Deng, Y. F., Tao, Q. S., Hu, Y. F., and Hou, J. F. (2009). Effects of gushukang, a chinese herbal medicine, on bone characteristics and osteoporosis in laying hens. Poultry Science, 88, 2342-2345.

Zhang, X., Liu, X., Pan, L., and Lee, I. (2010). Magnetic fields at extremely low frequency (50 Hz, 0.8 mT) can induce the uptake of intracellular calcium levels in osteoblasts. Biochemical and Biophysical Research Communications, 396, 662-666