



Research Paper

Analysis of the Effect of α -tocopherol on Growing Peking Ducks with Pulmonary Arterial Hypertension and Ascites

Seyyed Saber Almousavi^{*1}, Keyvan Hassani²

1- Surgery resident, Clinical Science department, Faculty of Veterinary science, Islamic Azad University, Tehran, I.R. Iran

saber043@gmail.com,  0000-0002-6267-4612

2- Associate Professor of Physiology, Basic science Department, Faculty of veterinary science, Islamic Azad University, I.R. Iran, Hasani.keyvan@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: 22 June 2026

Accepted: 6 September 2026

Published online: Summer 2026

Keywords: Ascites, Right ventricle/total ventricle ratio, α -tocopherol, Triiodothyronine

ABSTRACT

Pulmonary hypertension and ascites syndrome, resulting from rapid growth and high metabolic demand, are major pathophysiological challenges in poultry. This study aimed to evaluate the effects of different levels of α -tocopherol on electrocardiogram (ECG) changes and cardiac hypertrophy indices in Pekin ducks under experimentally induced ascites. One hundred and twentyone-day-old Pekin ducklings were divided into 4 groups (control and those receiving 100, 200, and 400 IU/kg of alpha-tocopherol). To induce ascites, triiodothyronine (T3; 1.5 mg/kg) was added to the diet from day 7 to 45. On days 15 and 45, ECG variables (limb and unipolar leads) were recorded, and on day 45, cardiac weight indices (RV/TV and TV/BW%) were measured and analyzed using Two-way Repeated Measures ANOVA. The RV/TV index on day 45 significantly decreased in all Vitamin E-treated groups compared to the control group ($P < 0.05$), while the TV/BW% index and the electrical axis of the heart showed no significant changes. In the ECG, the amplitude of S and R waves in inferior leads, as well as the amplitude of the T wave, significantly decreased in the treated groups ($P < 0.05$). The QRS and RR intervals on day 45 significantly increased in the α -tocopherol groups ($P < 0.05$), whereas the QT and ST intervals showed no statistically significant differences. Dietary supplementation with α -tocopherol, particularly at 200 and 400 IU doses, shows high potential in preventing cardiac complications induced by pulmonary hypertension in ducks by inhibiting right ventricular hypertrophy and modulating electrophysiological changes caused by oxidative stress and cardiac workload.

Cite this article: Almousavi, S.S. & Hassani, K. (2026). Analysis of the Effect of α -tocopherol on Growing Peking Ducks with Pulmonary Arterial Hypertension and Ascites. *Journal of Livestock Research*, 8 (2), 161-177. DOI: 10.22077/jlr.2026.8467.1057

Publisher: The University of Birjand Press.

DOI: <https://doi.org/10.22077/jlr.2026.8467.1057>

Extended Abstract

Introduction: Pulmonary hypertension (PH) stands as a significant, multifaceted challenge in the commercial poultry industry, representing a pathological condition characterized by elevated blood pressure within the pulmonary vasculature. This condition is frequently linked to severe clinical outcomes, including right ventricular failure, restricted exercise tolerance, and the development of ascites, which involves the accumulation of fluid within the abdominal cavity. In fast-growing species such as the Pekin duck, the metabolic requirements often outpace the oxygen-carrying capacity of the cardiovascular and respiratory systems, creating a physiological bottleneck. This imbalance triggers chronic hypoxia, leading to pulmonary vasoconstriction, increased resistance, and subsequent strain on the right heart. Given the economic and welfare implications of these metabolic disorders, researchers have sought nutritional interventions to alleviate the strain, with Vitamin E emerging as a prime candidate due to its robust antioxidant properties. This study aimed to systematically evaluate the impact of dietary Alpha-tocopherol (Vitamin E) supplementation on pulmonary hypertension and cardiovascular health in Pekin ducks exposed to induced metabolic stress.

Methods: The methodology for this investigation involved 120 day-old Pekin ducklings, which were partitioned into four experimental groups, each consisting of 30 birds. The study utilized a controlled dietary design where the groups were administered a basal diet supplemented with varying concentrations of Alpha-tocopherol: 0 IU (Control), 100 IU, 200 IU, and 400 IU per kilogram. To accelerate the onset of metabolic stress and simulate the conditions conducive to PH, all groups were subjected to the administration of the thyroid hormone Triiodothyronine (T3) at a dosage of 1.5 mg/kg from day 7 through day 45. The birds were reared under standardized conditions, ensuring ad libitum access to water and feed. Diagnostic assessment of cardiovascular function was performed at 15 and 45 days of age using electrocardiography (ECG), with a Fukuda Cardiomax-FX2111 electrocardiograph recording both standard bipolar and augmented unipolar leads. The parameters analyzed included the amplitude of R, S, and T waves, as well as the duration of QRS, QT, RR, and ST intervals. Post-mortem examinations were conducted at day 60, where the right ventricle was isolated from the left ventricle and septum to calculate the Right Ventricular to Total Ventricular weight ratio (RV/TV), with a threshold of 0.28 being the established marker for pulmonary hypertension.

Results: The results of the study provided compelling evidence of the cardioprotective effects of Vitamin E. A key metric, the RV/TV ratio, which serves as a definitive indicator of right ventricular hypertrophy—a classic sign of pulmonary hypertension—demonstrated a statistically significant decrease in all Vitamin E supplemented groups compared to the control group at 45 days of age ($p < 0.05$). This reduction indicates that dietary supplementation successfully mitigated the severity of cardiac remodeling typically induced by metabolic stress. While the percentage of total ventricular weight relative to body weight did not show significant variation across the groups, the clear reduction in the RV/TV ratio underscores the therapeutic potential of Vitamin E in maintaining pulmonary arterial pressure within manageable limits. The electrocardiographic findings further corroborated the physiological benefits observed in the post-mortem analysis. Data from the ECG recordings revealed distinct changes in the electrical activity of the heart in birds receiving Vitamin E. Specifically, there was a significant reduction in the amplitude of the S-wave in treatment groups at 45 days of age across leads II, III, and aVF ($p < 0.05$), a change typically associated with a decreased workload on the right ventricle. Similar trends were observed in the amplitudes of the T-wave and R-wave, particularly in groups supplemented with 200 and 400 IU of Vitamin E. These reductions in wave amplitude suggest improved myocardial efficiency and a less stressed cardiac state. Furthermore, the duration of the QRS complex was found to be significantly increased in leads II and aVF for all treatment groups at 45 days of age, and the RR interval, which represents the time between consecutive heartbeats, was notably prolonged. This prolongation of the RR interval indicates a favorable reduction in the resting heart rate, reflecting a decrease in the overall metabolic strain on the birds. No significant changes were noted in the Mean Electrical Axis or the ST interval, suggesting that while the supplementation significantly influenced cardiac workload and efficiency, it did not cause fundamental shifts in the primary vector of cardiac depolarization.

Conclusion: this study demonstrates that dietary supplementation with Vitamin E at doses ranging from 100 to 400 IU exerts a significant cardioprotective effect in Pekin ducks. By effectively mitigating the indicators of pulmonary hypertension and right ventricular hypertrophy, Vitamin E acts as a crucial nutritional intervention for the modern poultry sector. Given the high metabolic demands inherent in the rapid growth profiles of Pekin ducks and the subsequent risk of heart failure and ascites, the regular inclusion of these levels of Alpha-tocopherol is highly recommended. These findings provide a robust scientific basis for enhancing overall flock health, minimizing mortality rates, and improving production efficiency within the commercial duck farming industry, ultimately supporting a more sustainable and welfare-conscious approach to poultry management.

Keywords: Ascites, Right ventricle/total ventricle ratio, α -tocopherol, Triiodothyronine,

Author Contributions

Dr. Hassani has the main idea and guide me through whole research.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Conflict of interest

The authors have no competing interests.

Ethical consideration

Animal handling and experimental procedures were performed according to the guidelines of Animal manual for animal experiments and animal care protocol was approved by the Department of veterinary science, Islamic Uzd University.

AI Tools

No AI has been used.

بررسی اثر آلفا توکوفرول در اردک‌های پکنی در حال رشد مبتلا به پرفشاری سرخرگی ریوی و آسیت

سیدصابر الموسوی^۱، کیوان حسنی^۲

۱ - رزیدنت جراحی، دپارتمان علوم بالینی، دانشکده علوم دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. نویسنده مسئول، رایانامه saber043@gmail.com
۲ - استادیار فیزیولوژی، دپارتمان علوم پایه، دانشکده علوم دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

پرفشاری سرخرگ ریوی و سندرم آسیت ناشی از رشد سریع و تقاضای متابولیکی بالا، از چالش‌های فیزیوپاتولوژیک عمده در طیور است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر سطوح مختلف آلفا-توکوفرول بر تغییرات الکتروکاردیوگرام و شاخص‌های هاپیتروفی قلب در اردک‌های پکنی تحت القای تجربی آسیت انجام شد. تعداد ۱۲۰ قطعه جوجه اردک پکنی یک‌روزه به ۴ گروه (شاهد و دریافت‌کننده دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم آلفا-توکوفرول) تقسیم شدند. جهت القای آسیت، هورمون تری‌یدوتیرونین (۱٫۵ میلی گرم بر کیلوگرم) از روز ۷ تا ۴۵ به جیره افزوده شد. در روزهای ۱۵ و ۴۵، متغیرهای الکتروکاردیوگرام (اشتقاق‌های اندامی و تک‌قطبی) و در روز ۴۵ شاخص‌های وزنی قلب ($RV/TV-TV/BW$) اندازه‌گیری و با آزمون آنالیز واریانس دوطرفه مکرر تحلیل شدند. شاخص RV/TV در روز ۴۵ در تمامی گروه‌های دریافت‌کننده ویتامین E مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$)، در حالی که شاخص TV/BW و محور الکتریکی قلب تغییر معنی‌داری نداشتند. در الکتروکاردیوگرام، دامنه امواج S و R در اشتقاق‌های تحتانی و همچنین دامنه موج T در گروه‌های تیمار کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). فاصله QRS و فاصله RR در روز ۴۵ در گروه‌های ویتامین E افزایش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$)، اما فواصل QT و ST تفاوت آماری معنی‌داری نشان ندادند. مکمل‌سازی جیره با آلفا توکوفرول به‌ویژه در دوزهای ۲۰۰ و ۴۰۰ واحد، با مهار هاپیتروفی بطن راست و تعدیل تغییرات الکتروفیزیولوژیک ناشی از تنش اکسیداتیو و بار کاری قلب، پتانسیل بالایی در پیشگیری از عوارض قلبی ناشی از پرفشاری ریوی در اردک دارد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۵

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۵

واژگان کلیدی:

آسیت، نسبت بطن راست به چپ، ویتامین E، هورمون تری‌یدوتیرونین

استناد: الموسوی، سیدصابر و حسنی، کیوان (۱۴۰۵). بررسی اثر آلفا توکوفرول در اردک‌های پکنی در حال رشد مبتلا به پرفشاری سرخرگی ریوی و آسیت. مجله تحقیقات دام و طیور، دوره ۸، شماره ۲، ۱۶۱-۱۷۷.
DOI:10.22077/jlr.2026.8467.1057

مقدمه

تعریف افزایش فشارخون ریوی؛ افزایش فشار خون در سرخرگ ریوی یا سیاهرگ ریوی و بطورکل افزایش فشار خون در عروق شش‌ها می‌باشد منجر به تنگی نفس، سرگیجه، غش کردن علائم دیگر می‌شود. فشارخون ریوی می‌تواند یک بیماری شدید همراه با نارسایی قلبی و کاهش در تحمل فعالیت بدنی در نظر گرفته شود (Dasković et al., 2019; Zafra et al., 2008). افزایش فشارخون ریوی در گذشته به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شده که این تقسیم‌بندی بر اساس حضور یا عدم حضور عامل اصلی می‌باشد. از نظر بافت‌شناسی و بیوشیمی زنجیره‌ای از عوامل نیازمند است تا عامل آسیب اولیه ایجاد پرفشاری کند یا بدن به عنوان واکنش جبرانی پرفشاری ریوی را ایجاد کند (Baghbanzadeh & Decuyper, 2008).

نارسایی قلبی^۲ یک بیماری مزمن است که توانایی قلب در پمپ کردن خون را کاهش می‌دهد (Moore et al., 1995). این مشکل می‌تواند ناشی از تنگ شدن شریان‌ها، فشار خون بالا یا آسیب به عضله قلب باشد. نارسایی قلبی می‌تواند به دو نوع تقسیم شود: نارسایی با کسر تخلیه پایین و نارسایی با کسر تخلیه معمولی (Simonneau et al., 2004). علل این بیماری شامل بیماری عروق کرونر، فشار خون بالا، نقص دریچه‌ها، آسیب عضله قلب، میوکاردیت، و مشکلات مادرزادی است (Dettman et al., 1998). آسیب یک عارضه متابولیکی است که به تجمع مایع در شکم اشاره دارد و معمولاً ناشی از مشکلات قلبی است. (Zafra et al., 2008) در پرندگان، به‌ویژه جوجه‌های گوشتی، آسیب می‌تواند به دلیل رشد سریع و ناکافی بودن ظرفیت اکسیژن‌رسانی قلب و شش‌ها ایجاد شود (Moran et al., 1974; Murphy et al., 2020). این وضعیت می‌تواند منجر به هیپوکسی، افزایش فشارخون ششی و نارسایی قلب شود. علائم آسیب شامل تجمع مایع در شکم و شش‌ها، بزرگ شدن قسمت راست قلب و کاهش رشد است. به‌طور کلی، نارسایی قلبی و آسیب تأثیرات قابل توجهی بر سلامت و رشد موجودات زنده دارند و نیاز به مدیریت و شاهد دقیق دارند (Baghbanzadeh & Decuyper, 2008; Sun et al., 2017). در موارد نارسایی قلبی و رسوب اسیدهای چرب در دیواره رگهای خونی احتمال بروز آترواسکلروزیز و ترمبوزیز افزایش می‌یابد (Hosseini-Vashan et al., 2011). هر چند افزودن ترکیبات ضداکسیدانی شامل عصاره یا پودر گیاهان دارویی مانند زردچوبه، دارچین، سیر، آویشن بهبود پاسخ ایمنی و وضعیت آنتی اکسیدانی خون و کاهش تنش قلبی را در پی داشتند (Hosseini-Vashan et al., 2015; Valavi et al., 2016).

ویتامین E: هشت شکل مختلف این ویتامین در طبیعت موجود است و بر حسب اشباع یا غیراشباع بودن زنجیره کناری به دو گروه تقسیم می‌شوند: توکوفرول (با زنجیره کناری اشباع) و توکوتری انول (با زنجیره کناری غیراشباع). توکوفرول و توکوتری انول دارای چهار ایزومر آلفا، بتا، گاما و دلتا هستند که آلفا توکوفرول بیشترین فعالیت زیستی را داراست. ساختمان شیمیایی ویتامین E توسط فرنولز در سال ۱۹۳۸ شناسایی و در همان سال به صورت شیمیایی ساخته شد (Bottje et al., 1995). مهمترین منابع ویتامین E شامل بذور غلات، آفتاب گردان، دانه های روغنی، کنجد، بافت های دامی، جوانه گندم، سبزی جات، روغن های گیاهی، سبوس برنج هستند. ویتامین E به مدت کوتاه و مقدار کم در بدن طیور ذخیره می‌شود بنابراین وجود یک منبع مناسب از این ویتامین در جیره غذایی طیور به طور مستمر ضروری است (Sünder et al., 1999). به دلیل محلول در چربی بودن، ویتامین E تحت فرآیند های گوارشی مشابه تری گلیسریدهای جیره عمدتاً در ابتدای روده کوچک جذب می‌شوند، گوارش ویتامین E در جیره مستلزم فعالیت توکوفرول استراز می‌باشد، این آنزیم استرهای اسیدچرب و توکوفرول را به شکل آزاد آنها یعنی توکوفرول و نیز اسیدهای چرب آزاد هیدرولیز می‌کند. توکوفرول همانند محصولات ناشی از گوارش چربی‌ها در میسل‌های مخلوط پخش می‌شود. میسل‌های مخلوط از نمک‌های صفراوی، مونوگلیسریدهای اسیدهای چرب زنجیر بلند به همراه ویتامین E تشکیل می‌شود که جذب ویتامین E را به داخل سلول‌های مخاطی آسان می‌کند. میسل‌های حاوی توکوفرول توسط آنتروسیست‌ها برداشت شده و به گردش خون می‌رسند (Bottje et al., 1995). اطلاعات کمی در مورد قابلیت گوارش ویتامین‌های موجود در خوراک‌های طبیعی وجود دارد به دلیل مواردی چون از بین رفتن ویتامین‌های مواد غذایی در طول دوره حمل و نقل، انبارداری و فرآوری خوراک، یکسان نبودن قابلیت گوارش ویتامین‌ها در خوراک‌های مختلف، متفاوت بودن مقادیر ویتامین‌ها در یک محصول (مثلاً ذرت) می‌باشد. امروزه تعداد کمی از متخصصین تغذیه به تامین ویتامین‌ها از طریق مواد خوراکی تاکید می‌کنند و ترجیح می‌دهند از ویتامین‌های مصنوعی به صورت

پرمیکس استفاده کنند، این ویتامین‌ها کپسوله شده و دارای پایداری بالایی هستند (Miller et al., 2001). علاوه بر آن قابلیت دسترسی ویتامین E در غلات مختلف یکسان نیست، درصد قابلیت دسترسی ویتامین E در گندم، ذرت و جو برای مرغان تخم‌گذار به ترتیب ۱۴، ۱۷، ۱۱ درصد محاسبه شده است. با افزایش ویتامین E در جیره بازدهی گوارش آن کاهش می‌یابد (Nemati et al., 2017; Pan et al., 2005).

بررسی بافت‌هایی تحت تاثیر کمبود ویتامین E نشان می‌دهد این ویتامین چندین وظیفه متابولیکی مختلف دارد، اما متخصصین معتقدند که وظیفه اصلی این ویتامین نقش آن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در بدن است (Bottje et al., 1995). ویتامین E به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی (آنزیم گلوکوتائون حاوی سلنیوم)، در تنفس طبیعی بافت‌ها (ساخت کوانزیم کیو)، در واکنش‌های فسفریلاسیون و در سوخت و ساز اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. نقش آن در ساخت ویتامین C، دخالت در سوخت و ساز اسیدهای آمینه گوگرددار، حفظ سطوح کم پراکسید در سلول‌ها، کمک به حفظ سیستم ایمنی فعال، باروری، خاصیت ضد مسمومیت، افزایش کیفیت و ماندگاری لاشه نیز گزارش شده است (Adeola, 2006). معمولاً برای جلوگیری از کمبود و افزایش کیفیت لاشه مقادیر بالاتری ویتامین E از حداقل نیاز پرند از این ویتامین به جیره‌ها اضافه می‌شود. از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر کمبود ویتامین E می‌توان به میزان اسیدهای چرب غیراشباع، افزودن چربی، مدت نگهداری، سوء جذب، پرورش متراکم، بیماری‌های مزمن اشاره نمود (Lucy & Karthiayini, 2022).

رشد آهسته در طیور گوشتی، اثرات منفی بر ضریب تبدیل غذایی و راندمان لاشه، ناباروری خروس‌ها، کاهش قابلیت جوجه درآوری، دیستروپی عضلانی، پاسخ ایمنی کم، افزایش موارد کوفتگی و کبودی لاشه، کاهش تولید تخم مرغ، افزایش تلفات جوجه‌ها از مهمترین عوارض کمبود ویتامین E می‌باشد (Adeola, 2006; Ahani et al., 2025). پایداری و متعاقب آن قابلیت دسترسی ویتامین‌ها تحت تاثیر عوامل زیر قرار می‌گیرد: طول مدت ذخیره‌سازی خوراک، دما، pH، رطوبت، وجود آنزیم، قرار گرفتن در مقابل نور خورشید، حضور اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه، وجود مواد معدنی در پیش مخلوط‌ها یا جیره (تشدید اکسیداتیو)، پلت کردن (دمای بالا، رطوبت و فشار)، قرار گرفتن در مجاورت بعضی فلزات مثل آهن، عدم فرآوری مناسب پودر ماهی یا گوشت، هجوم کپک‌ها، ضعف مدیریت، وجود کولین کلراید (Wideman et al., 1998). هر چند در مطالعه‌ای گزارش شد اکستروژن نمودن شاهدانه و استفاده از آن در جیره جوجه گوشتی باعث بهبود عملکرد رشد، پاسخ ایمنی و کاهش لیپیدهای خون شد (Barani et al., 2017).

روابط متقابل سلنیوم و ویتامین E: سلنیوم و ویتامین E هر دو سلول را از اثرات پراکسیداسیون محافظت می‌کنند ولی از طرق متفاوت. ویتامین E در اجزای غشای سلول وجود دارد و از تشکیل بنیان‌های آزاد ممانعت می‌کند در حالی که سلنیوم در سیتوپلاسم برای متلاشی‌سازی پراکسیدها عمل می‌کند، این طرز عمل نشان می‌دهد که چرا سلنیوم بعضی علائم کمبود ویتامین E را برطرف می‌کند ولی روی عوارض دیگر موثر نمی‌باشد (Adeola, 2006). علائم کلینیکی کمبود در پرندگان بالغ دیده نمی‌شود، در مرغ تولید تخم مرغ ممکن است به میزان اندکی کاهش یابد ولی قدرت جوجه درآوری به طور چشمگیری کاهش می‌یابد، در پرندگان نر بالغ بافت بیضه‌ها تحلیل می‌رود (Fouad et al., 2018). ویتامین E در بین ویتامین‌ها کمترین سمیت را داشته است. گزارشاتی مبنی بر کلسیمی شدن نامناسب استخوان هنگام استفاده بیش از حد از این ویتامین وجود دارد. همچنین باعث کاهش وزن بدن، کاهش رنگدانه نوک، درشت نی و پاها و مومی شدن پرها می‌شود (Fouad et al., 2018).

سیستم قلب و عروق پرندگان برای پاسخگویی به نیازهای سوخت و ساز بالا طراحی شده است و شامل قلب بزرگ، ضربان قلب بالا و فشار خون بالا می‌باشد. با این حال، پرندگان خانگی به دلیل محدودیت‌های ورزشی، رژیم غذایی نامناسب و شرایط محیطی غیرطبیعی ممکن است دچار مشکلات قلبی عروقی شوند. الکتروکاردیوگرام ابزار مفیدی برای ارزیابی عملکرد قلب در این پرندگان است و می‌تواند ناهنجاری‌های قلبی و اختلالات الکتریکی را شناسایی کند (Cawthon et al., 1999). در پرندگان، الکتروکاردیوگرام با پستانداران تفاوت‌هایی دارد؛ برای مثال، موج R در اکثر پرندگان وجود ندارد و موج S عمیق‌تر است (Vassall-Adams, 1982). ثبت الکتروکاردیوگرام پرندگان برای اولین بار در سال ۱۹۰۹ انجام شد و از آن زمان، مطالعات بیشتری روی گونه‌های مختلف پرند

انجام شده است. برای انجام الکتروکاردیوگرام، الکترودها به نقاط خاصی از بدن متصل می‌شوند و دقت در قرار دادن آن‌ها ضروری است. از آنجایی که هیچ مرجع استاندارد برای مقادیر الکتروکاردیوگرام پرندگان موجود نیست، تعیین ضربان قلب و تجزیه و تحلیل نوار قلب بر اساس تاریخچه و یافته‌های بالینی مهم است (Cunningham's & Klein, 2019; Currie, 1999).

اردک پکنی: منشأ این نژاد کشور چین است و اولین بار در سال ۱۸۷۳ به عنوان یک نژاد مشخص معرفی شد. و در حال حاضر بیشتر مزارع پرورش اردک گوشتی در آمریکا از این نژاد استفاده می‌کنند. وزن اردک نر بالغ در حدود ۴ تا ۴/۵ کیلوگرم و اردک ماده بالغ ۳/۶ تا ۴ کیلوگرم است. این نژاد تخم‌گذار خوبی نیز هست به طوری که سالیانه بین ۱۵۰ تا ۱۸۰ عدد تخم می‌گذارد و وزن هر یک عدد تخم آن در حدود ۸۵ گرم بوده و رنگ پوسته آن سفید کرمی یا سبز فام است. این نژاد دارای بدنی کشیده و سینه‌ای پهن بوده و رنگ آن سفید کرمی و رنگ پوست آن زرد و رنگ منقار و پاها پرتقالی است. وجه تمایز اردک نر از ماده، وجود دو پر کوچک تابیده در منتهای الیه دم است. امتداد بدن از شانه به طرف پشت، شیب‌دار بوده و در حقیقت قسمت انتهایی بدن و دم نزدیک زمین قرار گرفته‌است (Lucy & Karthiayini, 2022). این طرز ساختمان بدن و همچنین طرز راه رفتن، پرند را شبیه به پنگوئن‌ها می‌سازد. طرز ساختمان بدن سبب شده‌است که حیوان نتواند به آسانی روی زمین جفتگیری کند از این رو برای جفتگیری باید به آب برود. بدن بزرگ با عضلات درشت و سینه‌های عمیق و پهن از صفات فیزیکی این نژاد می‌باشد. تولید گوشت این نژاد به ۳ تا ۴ کیلوگرم خواهد رسید و با تغذیه اصولی تر وزن‌گیری بیشتری خواهد نمود. کشتار این نژاد معمولاً در اواخر تابستان یا اوایل پاییز انجام می‌شود. اردک‌های پکنی سوخت و ساز شدیدتری نسبت به سایر نژادها دارند. دمای بدنشان بالاست بطور معمول ۴۲/۲ و میزان تنفس آن‌ها ۳۰ تا ۳۵ بار در دقیقه می‌باشد. یکی از ویژگی‌های این نژاد که منجر به وزن‌گیری آن می‌شود داشتن روده کوتاه است. که باعث می‌شود گوارش خوبی داشته باشند. هر ۳ یا ۴ ساعت بطور مداوم باید خوراک بدهید تا نتایج سریع و کیفی آن را شاهد باشید. برای تغذیه از دانه‌های مناسب ذرت، گندم، سویا، پودر استخوان، سبوس، سبزیجات، میوه‌ها و ضایعات آشپزخانه می‌توان استفاده نمود (König et al., 2016).

با وجود تحقیقات انجام شده همچنان دلیل اصلی ایجاد آسیب مبهم است. عوامل متعددی همچون ایراد در سیستم لنفاوی شکمی یا آسیب کبدی می‌توانند باعث ایجاد آسیب شوند. حتی در یکی از تحقیقات انجام شده اثبات شده که اگر جیره غذایی جوجه‌ها در دوره رشد به میزان حداقل و کمتر از آن باشد، احتمال مرگ در اثر آسیب پایین می‌آید (Enkvetchakul et al., 1995). یکی از واکنش‌های ایجاد فشارخون ریوی این است که عروق ریه حجم کافی برای میزان خون مورد نیاز را ندارند و به این ترتیب با افزایش برون‌ده قلبی فشارخون ریوی ایجاد می‌شود. یکی از دلایل افزایش ضربان قلب و در پی آن فشارخون ریوی می‌تواند نرخ رشد سریع باشد (Tellez et al., 2005) از سوی دیگر مشاهده کاهش سرعت رشد می‌تواند نشانگر ایراد در سیستم قلبی عروقی یا تنفسی باشد در کل عوامل متعددی در ایجاد فشارخون ریوی دخیل می‌باشند که افزایش اکسیژن مورد نیاز بدن، افزایش عوامل دخیل در کاهش جذب اکسیژن (مانند مسمومیت‌ها)، مشکل در سیستم انتقال اکسیژن در ریه یا بدن، پلی سیمی، افزایش ویسکوزیته خون، مشکل ساختاری در اریتروسیت‌ها جزء شایع‌ترین آنها هستند (Enkvetchakul et al., 1995; Gupta, 2011).

الکتروکاردیوگرام، ثبت فعالیت الکتریکی (رپولاریزاسیون و دپولاریزاسیون) قلب می‌باشد که بوسیله الکترودهایی که به قسمتهایی از بدن غیر از قلب وصل شده‌اند، صورت می‌گیرد (Wideman, 2000). اشتقاق‌هایی که مستقیماً از قلب گرفته می‌شوند، اطلاعاتی را تولید می‌کنند که اصطلاحاً الکتروگرام گفته می‌شوند. اطلاعات از هر دو الکتروود، یک اشتقاق دو قطبی را تشکیل می‌دهد. اشتقاق‌های دست و پای استاندارد برای انسان به قرار زیر هستند: اشتقاق بازوی راست و چپ؛ اشتقاق بازوی راست و پای چپ؛ و اشتقاق بازوی چپ و پای چپ. اشتقاق‌های دست و پای برای قلب پرندگان مانند انسان می‌باشد غیر از اینکه الکترودها (معمولاً بصورت سوزن هستند) به پایه بال‌ها و یا پاها چسبیده یا داخل آنها قرار می‌گیرد. سه اشتقاق دست‌ها و پاها تقریباً تشکیل یک مثلث متساوی الاضلاع را می‌دهند که قلب در نزدیکی مرکز آن قرار می‌گیرد. این مسئله بیشتر در مورد قلب پرندگان تا انسان صدق می‌کند. (McKenzie et al., 1971; Sturkie, 2012).

اشتقاق‌های متداول سینه (CF, CL, CR) نیز در پرندگان به ثبت رسیده‌اند (Langille & Jones, 1975). الکترودهای گیرنده در روی بازوی راست (CR)، بازوی چپ (CL) (در انسان و در روی بال‌های مربوط پرندگان) و ران یا پای چپ (F) قرار می‌گیرند و الکتروود سینه‌ای الکتروود بی تفاوت است. ثبت پتانسیل واقعی در هر یک از نقاط با اشتقاق‌های دو قطبی به دلیل تاثیر دیگر الکترودها

غیرممکن است. ویلسون و همکاران^۱ از یک روش اشتقاق‌های یک قطبی استفاده نمود که یکی از الکترودها صفر بود. بنابراین الکتروده مثبت یابنده، فقط پتانسیل دریافت شده از نقطه مورد نظر را ثبت می‌کند. چنین الکترودی در روی بازوی راست (VR)، بازوی چپ (VS) و ران یا پای چپ (VP) که اشتقاق‌های V را تشکیل می‌دهند، قرار می‌گیرد. به دلیل اینکه یک الکتروده صفر می‌باشد، پتانسیل ثبت شده در اشتقاق‌های V فقط برابر نصف اشتقاق‌های دو قطبی است. گلدبرگ و همکاران^۲ بوسیله برداشتن الکتروده منفی از VL در هنگامی که الکتروده مثبت در روی بازوی چپ است پتانسیل اشتقاق‌های یک قطبی را افزایش داد؛ این امر را می‌توان به ترتیبی مانند این در دیگر انتهاهای بدن انجام داد. از چنین اشتقاق‌هایی به عنوان aVR ، aVL ، aVF ، یا اشتقاق‌های یک قطبی تقویت شده نام برده شده‌است. حتی با افزایش، دامنه به دست آمده فقط ۸۰ درصد مقداری است که توسط اشتقاق‌های دو قطبی اندازه‌گیری شده‌است (Sperelakis et al., 2000; Sreenivasaiiah, 2006). سرعت استاندارد برای کاغذ الکتروکاردیوگرام انسان با سرعت ۲۰ میلی‌متر در ثانیه شروع می‌شود. خط‌های عمودی در روی کاغذ دارای فاصله‌ای برابر با ۱ میلی‌متر هستند که نمایانگر واحد زمان (۰/۰۹ ثانیه) در سرعت‌های استاندارد می‌باشند. خط‌های افقی نیز دارای فاصله‌ای برابر با یک میلی‌متر و نمایانگر دامنه با ولتاژ می‌باشند. برای کار با انسان، دستگاه معمولاً در ۱ میلی‌ولت استاندارد می‌شود، هنگامی که دکمه ۱ میلی‌ولت در روی دستگاه فشار داده شود یک فرورفتگی ۱۰ میلی‌متری ایجاد می‌کند (Kaya & Çenesiz, 2018).

به دلیل اینکه ضربان قلب مرغ‌ها به طور قابل توجهی بیشتر از انسان است، چارت سرعت استاندارد در اکثر مواقع به اندازه کافی سریع نیست تا تمام امواج را بطور کامل ثبت نماید. معمولاً اگر ضربان قلب ۳۰۰ تپش در دقیقه و یا بیشتر باشد، موج‌های P (دپولاریزه شدن عضله دهلیزها) و T (رپولاریزاسیون بطن‌ها) ممکن است در یکدیگر مخلوط شوند و موج P معمولاً قابل تفکیک نمی‌باشد (مخصوصاً در اشتقاق‌های II و III) در هر صورت موج P در مرغ‌ها ممکن است قابل تفکیک نباشد، حتی اگر سرعت چارت به ۵۰ یا ۷۰ میلی‌متر در ثانیه یا سریع‌تر برسد و یا هنگامی که واکنش فرکانس دستگاه به ۵۰۰ هرتز افزایش یابد که بیشتر از مقدار لازم می‌باشد. به نظر میرسد که موج‌های T و P بدین دلیل در یکدیگر ادغام می‌شوند که دپولاریزاسیون دهلیزها قبل از اینکه بطن‌ها کاملاً رپولاریزه بشوند، صورت می‌گیرد (Ladmakhi et al., 1997). هدف ما از گرفتن نوار قلب بررسی وضعیت سلامت قلب و پاسخ فیزیولوژیک قلب به شرایط القا شده ی افزایش رشد می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر سطوح مختلف آلفا-توکوفرول بر تغییرات الکتروکاردیوگرام و شاخص‌های هایپرتروفی قلب در اردک‌های پکنی تحت القای تجربی آسیب انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای این آزمایش، تعداد ۱۲۰ قطعه جوجه اردک پکنی یک روزه (با میانگین وزنی ۵۰ گرم) خریداری شده و به ۴ گروه، ۳ تکرار و ۱۰ قطعه در هر تکرار تقسیم‌بندی گردید. گروه‌های آزمایشی شامل: گروه ۱: دریافت کننده جیره پایه، گروه ۲: دریافت کننده جیره پایه + ۱۰۰ واحد بین المللی آلفا توکوفرول؛ گروه ۳: دریافت کننده جیره پایه + ۲۰۰ واحد بین المللی آلفا توکوفرول؛ گروه ۴: دریافت کننده جیره پایه + ۴۰۰ واحد بین المللی آلفا توکوفرول بودند.

هر کدام از گروه‌ها شامل ۳ پن ۱۰ قطعه‌ای بود. در یک روزگی پس از وزن‌کشی، ۱۰ جوجه برای هر پن به گونه‌ای انتخاب گردید که میانگین وزن همه پن‌ها یکسان باشد. از روز ۷ تا روز ۴۵ هورمون تری‌یدوتیرونین ($T3$) با دوز ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به جیره غذایی همه گروه‌ها اضافه گردید (Lucy & Karthiayini, 2022). جوجه‌ها از ۱ تا ۶۰ روزگی تحت شرایط استاندارد روی بستر پرورش یافتند (Ladmakhi et al., 1997). در کل دوره پرورش آب و غذا به طور آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. شرایط پرورش از قبیل درجه حرارت، رطوبت، تهویه، برنامه نوری و واکسیناسیون ثبت شده و تلفات روزانه پس از توزین جهت بررسی علت مرگ کالبدگشایی گردید. غذای مورد استفاده برای آن‌ها جیره آغازین شرکتی با ترکیب شیمیایی جدول ۱ استفاده شد.

1. Wilson et al.

2. Goldberg et al.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی جیره آزمایشی مورد استفاده

Table 1- The chemical components of experimental diets

مقدار Amount	ماده مغذی Nutrient
2920	انرژی سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (Kcal/kg)
22.0	پروتئین خام (%) Crude protein
4.0	چربی خام (%) Ether extract
4.0	فیبر خام (%) Crude Fiber
1.0	کلسیم (%) Calcium
0.40	فسفر قابل دسترس (%) Available Phosphorous
0.14	سدیم (%) Sodium
1.16	لیزین (%) Lysine
0.76	متیونین + سیستین (%) Met+Cys
0.94	آرژنین (%) Arginine

الکترودیوگرام طبیعی انسان موجهای P ، Q ، R ، S و T را در اشتقاق‌های اندام‌ها نشان می‌دهد. الکترودیوگرام پرندگان دارای موج‌های P ، S ، T و معمولاً دارای یک موج R کوتاه و بریده در بعضی از اشتقاق‌ها است. موج P همانطوری که در انسان دیده می‌شود نمایانگر دپولاریزه شدن عضله دهلیزها و کمی هم انقباض بطن‌ها می‌باشد. موج قابل تشخیص ریپولاریزه شدن دهلیزها دیده نمی‌شود. موج‌های R و S نمایانگر دپولاریزه شدن عضله بطن هستند که علامت شروع سیستول بطنی است. موج T نمایانگر دپولاریزه شدن بطن‌ها می‌باشد (Wu et al., 2016; Yogeshpriya et al., 2018).

در سنین ۱۵ و ۴۵ روزگی از تعداد ۸ قطعه جوجه در هر گروه نوار الکتروکاردیوگرام تهیه گردید. بدین صورت که پس از معاینات بالینی و ثبت وضعیت سلامت و خصوصیات هر کدام (سن، جنس و وزن) الکترودهای دستگاه الکتروکاردیوگراف مدل (Japan, *Cardiomax-FX2111*, Fukuda)، را به بال‌ها و پا‌های جوجه وصل کرده و پس از اطمینان از آرام شدن حیوان، با استفاده از دستگاه ثبت اتوماتیک، با سرعت حرکت کاغذ برابر ۵۰ میلی‌متر بر ثانیه و حساسیت ۱ میلی‌ولت (۱۰ میلی‌متر) اقدام به ثبت سه اشتقاق استاندارد I ، II و III و سه اشتقاق تک قطبی تقویت شده یعنی aVF ، aVL و aVR گردید (Cinar et al., 1996). نوارهای ثبت شده برای اندازه‌گیری ارتفاع اجزاء کمپلکس R ، S ، T و فواصل QRS ، QT ، RR ، ST و محور الکتریکی قلب مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری ارتفاع امواج تعداد خانه طی شده به طور عمودی توسط هر موج در عدد ۱/۰ ضرب و برای اندازه‌گیری فواصل تعداد خانه طی شده به طور افقی در هر فاصله در عدد ۲/۰ ضرب گردید. از انتهای موج S تا ابتدای موج T را فاصله ST ، از ابتدای موج S تا انتهای موج T را فاصله QT ، از ابتدای موج S تا انتهای موج QRS و فاصله بین دو موج R پشت سرهم را فاصله RR گویند.

تعیین محور الکتریکی قطب: برای رسم بردار قلبی جمع جبری ارتفاع موج‌های R و S در دو اشتقاق II و III را محاسبه نموده و در محور مختصات استاندارد مربوط به اشتقاق‌های I ، II و III در محورهای مربوط علامت‌گذاری می‌نمائیم. سپس بر هر کدام از آنها خطی عمود می‌کنیم فاصله مذکور و محل تلاقی دو خط بردار قلبی اتلاق می‌گردد که با توجه به محور مختصات درجه بردار تعیین گردید (Cinar et al., 1996).

تعیین شاخص قلبی: در این مرحله پس از ذبح حیوان و بررسی علائم کالبد گشایی، قلب از قفسه سینه خارج و پس از ارزیابی ظاهری، بطن‌ها از محل دریچه دهلیزی-بطنی، از دهلیزها جدا گردید. سپس بطن راست از بطن چپ و سپتوم تفکیک شد. وزن بطن راست و مجموع دو بطن بصورت جداگانه تعیین و نهایتاً شاخص وزنی قلب مربوط به هر یک از جوجه‌ها به شکل نسبت وزن بطن راست به وزن مجموع هر دو بطن (RV/RT) مورد محاسبه قرار گرفت. در صورتی که این نسبت بیشتر از ۲۸/۰ بود آن جوجه به عنوان جوجه مبتلا به فشارخون ریوی محسوب می‌گردید (Lucy & Karthiayini, 2022). همچنین با داشتن وزن بطن راست، وزن

مجموع دو بطن و وزن پرنده، شاخص دیگری نظیر درصد وزن مجموع دو بطن به وزن بدن ($TV/BW\%$)، برای هر جوجه در سنین ۱۵ و ۴۵ روزگی محاسبه گردید.

داده‌های به‌دست‌آمده به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد میانگین ($Mean \pm SEM$) ارائه شدند. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک ($Shapiro-Wilk$ test) بررسی گردید. برای مقایسه متغیرهای نوار قلب و نسبت وزن بطن به کل بدن بین گروه‌های مختلف (شاهد و سه دوز ویتامین E) در دو مقطع زمانی (روز ۱۵ و ۴۵)، از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر ($Two-way$ Repeated Measures ANOVA) استفاده شد. در این مدل، «نوع جیره» به عنوان فاکتور بین‌گروهی ($Between-subject$ factor) و «زمان» به عنوان فاکتور درون‌گروهی ($Within-subject$ factor) در نظر گرفته شدند.

نتایج

مقایسه نتایج شاخص‌های الکتروکاردیوگراف و محور الکتریکی قلب:

مقایسه نتایج دامنه موج S: نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین دامنه موج S در سنین ۱۵ و ۴۵ روزگی در گروه‌های درمانی با هر سه دوز ویتامین E در اشتقاق‌های II و III و aVF نسبت به گروه شاهد کاسته شده‌است که این کاهش در سن ۴۵ روزگی در هر سه گروه درمانی در اشتقاق II، گروه درمانی ۴۰۰ در اشتقاق III و در هر سه گروه درمانی در اشتقاق aVF در مقایسه با گروه شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

جدول ۲- مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین دامنه موج R در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان

Table 2- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of R-wave amplitude across leads and different ages of broiler ducks between control and treatment groups

سن (روز) Age (Days)	تیمار treatment	II	III	aVR	aVL	aVF
15	شاهد Control	0.17 ± 0.07	0.13 ± 0.05	0.14 ± 0.03	0.09 ± 0.04	0.18 ± 0.02
	100PPM	0.08 ± 0.04	0.05 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.06 ± 0.02	0.14 ± 0.02
	200PPM	0.09 ± 0.03	0.08 ± 0.04	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.17 ± 0.04
	400PPM	0.09 ± 0.03	0.10 ± 0.03	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.03	0.11 ± 0.04
45	شاهد Control	$0.51^a \pm 0.05$	$0.38^a \pm 0.05$	$0.45^a \pm 0.03$	$0.21^a \pm 0.02$	$0.43^a \pm 0.04$
	100PPM	$0.25^b \pm 0.08$	$0.23^b \pm 0.07$	$0.17^{ab} \pm 0.09$	$0.11^b \pm 0.02$	$0.07^b \pm 0.21$
	200PPM	$0.16^b \pm 0.04$	$0.17^b \pm 0.06$	$0.04^b \pm 0.15$	$0.10^{ab} \pm 0.04$	$0.04^b \pm 0.15$
	400PPM	$0.27^{ab} \pm 0.06$	$0.32^{ab} \pm 0.03$	$0.04^b \pm 0.21$	$0.11^b \pm 0.02$	$0.33^{ab} \pm 0.03$

^{a,b} حروف متفاوت روی میانگین‌های هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$)

^{a,b} Different letter on each Column shows a significant difference among mean

مقایسه نتایج دامنه موج T: با توجه به جدول ۳ کاهش میانگین دامنه موج T در سن ۴۵ روزگی در اشتقاق II در گروه درمانی ۴۰۰، در اشتقاق III در گروه درمانی ۲۰۰ و در اشتقاق aVF در هر سه گروه درمانی در مقایسه با گروه شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0.05$)، در بقیه گروه‌های اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین دامنه موج S در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان
Table 3- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of S-wave amplitude across leads and different ages of broiler ducks between control and treatment groups

سن (روز) Age (Days)	تیمار treatment	II	III	aVF
15	شاهد Control	0.23 ± 0.04	0.23 ± 0.03	0.15 ± 0.05
	100PPM	0.18 ± 0.04	0.13 ± 0.02	0.14 ± 0.04
	200PPM	0.15 ± 0.05	0.13 ± 0.03	0.11 ± 0.03
	400PPM	0.23 ± 0.03	0.21 ± 0.03	0.17 ± 0.04
45	شاهد Control	$0.31^a \pm 0.03$	$0.27^a \pm 0.04$	$0.36^a \pm 0.03$
	100PPM	$0.16^b \pm 0.03$	$0.20^{ab} \pm 0.03$	$0.15^b \pm 0.03$
	200PPM	$0.13^b \pm 0.02$	$0.13^b \pm 0.03$	$0.19^b \pm 0.03$
	400PPM	$0.16^b \pm 0.03$	$0.15^b \pm 0.02$	$0.16^b \pm 0.02$

^{a,b} حروف متفاوت روی میانگین‌های هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$)

^{a,b} Different letter on each Column shows a significant difference among mean

مقایسه نتایج دامنه موج R: با توجه به جدول ۴ کاهش میانگین دامنه موج T در سن ۴۵ روزگی در اشتقاق II در گروه درمانی ۲۰۰ و ۴۰۰، در اشتقاق aVF در گروه درمانی ۲۰۰ و ۴۰۰ و در اشتقاق aVR در هر سه گروه درمانی در مقایسه با گروه شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0.05$). در بقیه گروه‌ها اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین دامنه موج T در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان
Table 4- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of T-wave amplitude across leads and different ages of broiler ducks between control and treatment groups

سن (روز) Age (Days)	تیمار Treatment	II	III	aVR	aVL	aVF
15 روزگی	شاهد Control	0.09 ± 0.00	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.12 ± 0.02
	100PPM	0.10 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.10 ± 0.04
	200PPM	0.10 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.07 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.04
	400PPM	0.17 ± 0.05	0.06 ± 0.00	0.06 ± 0.01	0.09 ± 0.01	$0.11^a \pm 0.03$
45 روزگی	شاهد Control	$0.15^a \pm 0.01$	$0.13^a \pm 0.01$	$0.13^a \pm 0.00$	0.08 ± 0.01	$0.01^b \pm 0.12$
	100PPM	$0.13^a \pm 0.03$	$0.09^a \pm 0.01$	$0.11^a \pm 0.01$	0.07 ± 0.00	$0.07^a \pm 0.00$
	200PPM	$0.09^a \pm 0.01$	$0.05^b \pm 0.00$	$0.12^a \pm 0.02$	0.08 ± 0.01	$0.05^{ab} \pm 0.00$
	400PPM	$0.01^b \pm 0.06$	$0.17^a \pm 0.06$	$0.04^b \pm 0.15$	0.08 ± 0.00	$0.05^{ab} \pm 0.00$

^{a,b} حروف متفاوت روی میانگین‌های هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$)

^{a,b} Different letter on each Column shows a significant difference among mean

مقایسه نتایج فاصله QRS: با توجه به جدول ۵ میانگین فاصله QRS در گروه‌های درمانی در اشتقاق‌های II، III و aVF در سنین مختلف نسبت به گروه شاهد افزایش را نشان می‌دهد که این افزایش تنها در سن ۴۵ روزگی در اشتقاق II و aVF در همه گروه‌های درمانی در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

جدول ۵- مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ارتفاع فاصله ST در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان
Table 5- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of ST segment elevation across leads and different ages of broiler ducks between control and treatment groups

سن (روز) Age (Days)	تیمار Treatment	II	III	aVF
15 روزگی	شاهد Control	0.04 ± 0.00	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.03
15 روزگی	100PPM	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00
15 روزگی	200PPM	0.05 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.00
15 روزگی	400PPM	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00
45 روزگی	شاهد Control	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00
45 روزگی	100PPM	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.05 ± 0.00
45 روزگی	200PPM	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.00
45 روزگی	400PPM	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00

مقایسه نتایج فاصله QT : با توجه به جدول ۶ میانگین فاصله QT در گروه‌های درمانی در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان نمی‌دهد.

جدول ۶- مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین فاصله QRS در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان
Table 6- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of QRS duration across leads and different ages of broiler ducks between control and treatment groups

سن (روز) Age (Days)	تیمار Treatment	II	III	aVF
15	شاهد Control	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.01 ± 0.00
	100PPM	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00
	200PPM	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.00
	400PPM	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.03
45	شاهد Control	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00
	100PPM	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.00
	200PPM	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.05 ± 0.03
	400PPM	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.04 ± 0.00

مقایسه نتایج فاصله RR : با توجه به جدول ۷ افزایش میانگین فاصله RR در گروه‌های درمانی، در سنین مختلف نسبت به گروه شاهد را نشان داده می‌شود که این افزایش در سن ۱۵ روزگی در اشتقاق III و aVF ، در گروه درمانی ۴۰۰ و در سن ۴۵ روزگی، در اشتقاق II در گروه درمانی ۱۰۰، در اشتقاق aVR در گروه درمانی ۲۰۰ و ۴۰۰ و در اشتقاق III و aVL در همه گروه‌های درمانی در مقایسه با گروه شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

جدول ۷ - مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین فاصله QT در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان
Table 7- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of QT interval across leads and different ages of broiler ducks between control and treatment groups

سن (روز) Age (Days)	تیمار treatment	II	III	aVR	aVL	aVF
15 روزگی	شاهد Control	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.02
	100PPM	0.10 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.02	0.11 ± 0.01
	200PPM	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.00
	400PPM	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.00	0.10 ± 0.01
45 روزگی	شاهد Control	0.10 ± 0.02	$0.10^{ab} \pm 0.01$	0.10 ± 0.00	$0.09b \pm 0.01$	0.10 ± 0.01
	100PPM	0.11 ± 0.01	$0.09b \pm 0.00$	0.11 ± 0.00	$0.11ab \pm 0.00$	0.11 ± 0.00
	200PPM	0.11 ± 0.01	$0.11^a \pm 0.00$	0.11 ± 0.00	$0.11ab \pm 0.00$	0.13 ± 0.00
	400PPM	0.10 ± 0.02	$0.11^a \pm 0.01$	0.10 ± 0.00	$0.13a \pm 0.00$	0.10 ± 0.02

^{a,b} حروف متفاوت روی میانگین‌های هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$)

^{a,b} Different letter on each Column shows a significant difference among mean

مقایسه نتایج شاخص‌های قلبی در گروه شاهد و گروه‌های دریافت‌کننده ویتامین E: مقایسه نتایج وزن بطن راست به مجموع دو بطن (RV/TV): نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد که میانگین شاخص (RV/TV) در گروه‌های درمانی در هر دو سن در مقایسه با گروه شاهد کاهش پیدا کرده است که این کاهش در سن ۴۵ روزگی در همه گروه‌های درمانی در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان می‌دهد ($p < 0.05$). مقایسه نتایج درصد مجموع دو بطن به وزن بدن (TV/BW%): با توجه به نتایج جدول ۸ اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های درمانی در مقایسه با گروه شاهد مشاهده نگردید.

جدول ۸ - مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین فاصله RR در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان
Table 8- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of RR interval across leads and different ages of broiler ducks between control and treatment groups

سن (روز) Age (Days)	تیمار Treatment	II	III	aVR	aVL	aVF
15	شاهد Control	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.11 ± 0.00
	100PPM	0.11 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.12 ± 0.00	0.10 ± 0.00	0.12 ± 0.00
	200PPM	0.12 ± 0.00	$*0.13 \pm 0.00$	0.11 ± 0.00	0.11 ± 0.00	$*0.13 \pm 0.00$
	400PPM	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.00	0.12 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.11 ± 0.00
45	شاهد Control	$0.12^b \pm 0.01$	$0.12b \pm 0.01$	$0.11^b \pm 0.01$	$0.06^b \pm 0.00$	0.12 ± 0.02
	100PPM	$0.16^a \pm 0.01$	$0.15a \pm 0.01$	$0.10^b \pm 0.02$	$0.11^a \pm 0.01$	0.11 ± 0.01
	200PPM	$0.14^b \pm 0.02$	$0.16a \pm 0.01$	$0.15^a \pm 0.01$	$0.10^a \pm 0.01$	0.10 ± 0.00
	400PPM	$0.15^{ab} \pm 0.00$	$0.15a \pm 0.01$	$0.15^a \pm 0.01$	$0.12^a \pm 0.02$	0.11 ± 0.02

^{a,b} حروف متفاوت روی میانگین‌های هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$)

^{a,b} Different letter on each Column shows a significant difference among mean

مقایسه نتایج فاصله ST: با توجه به جدول ۹ میانگین فاصله ST در گروه‌های درمانی در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان نمی‌دهد. مقایسه نتایج محور الکتریکی قلب (MEA): با توجه به جدول ۹ میانگین درجه محور الکتریکی قلب از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

جدول ۹- مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد از میانگین محور الکتریکی قلب و شاخص‌های قلبی در اشتقاق‌ها و در سنین مختلف جوجه اردک‌های گوشتی بین دو گروه شاهد و درمان

Table 9- Comparison of mean $\pm$ standard error of the mean (SEM) of mean electrical axis (MEA) and cardiac indices across different ages of broiler ducks between control and treatment groups

TV/BW (%)	RV/TV	MEA	تیمار Treatment	سن (روز) Age (Days)
0.43 ± 0.01	0.19 ± 0.01	157.28 ± 46.02	شاهد Control	15
0.38 ± 0.02	0.18 ± 0.00	254.5 ± 25.37	100PPM	
0.42 ± 0.00	0.19 ± 0.01	118.37 ± 37.80	200PPM	
0.42 ± 0.03	0.18 ± 0.00	201 ± 36.49	400PPM	
0.35 ± 0.02	$0.31^a \pm 0.02$	173.62 ± 25.99	شاهد Control	45
0.32 ± 0.01	$0.24^b \pm 0.01$	185.5 ± 33.9	100PPM	
0.34 ± 0.03	$0.25^b \pm 0.00$	204.25 ± 43.66	200PPM	
0.32 ± 0.01	$0.25^b \pm 0.00$	141.62 ± 35.46	400PPM	

^{a,b} حروف متفاوت روی میانگین‌های هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$)

^{a,b} Different letter on each Column shows a significant difference among mean

بحث

سندرم پرفشاری ریوی (PHS) و آسیت متعاقب آن در پرندگان با نرخ رشد سریع، نتیجه عدم توازن میان ظرفیت تبادل گاز در شبکه مویرگی ریه و برون‌ده بالای قلبی است (Decuypere, 2008 & Baghbanzadeh). القای تجربی این عارضه با تجویز تری‌یدوتیرونین به دلیل افزایش تقاضای اکسیژن بافتی، تسریع متابولیسم پایه و ایجاد هیپوکسی نسبی، مدلی استاندارد جهت ارزیابی کارکرد قلبی-عروقی به شمار می‌رود (Karthiayini, 2022 & Lucy). در پژوهش حاضر، اثر محافظتی اشکال مختلف دوز آلفا-توکوفرول به عنوان یک آنتی‌اکسیدان خط اول غشایی، با تمرکز بر بازسازی ساختاری قلب و رفتار الکتروفیزیولوژیک آن در اردک‌های پکنی مورد بررسی قرار گرفت.

مهم‌ترین یافته ساختاری این مطالعه، کاهش معنی‌دار نسبت وزن بطن راست به مجموع بطن‌ها (RV/TV) در روز ۴۵ در تمام گروه‌های دریافت‌کننده ویتامین E در مقایسه با گروه شاهد بود. شاخص RV/TV به عنوان استاندارد طلایی ارزیابی پرفشاری ریوی در طیور شناخته می‌شود و مقادیر بالاتر از ۲۸/۰ نشان‌دهنده هایپرتروفی پاتولوژیک بطن راست در اثر افزایش پس‌بار عروق ریوی است (Karthiayini, 2022 & Wideman Jr et al., 1998; Lucy). عدم تغییر معنی‌دار شاخص TV/BW% در کنار کاهش شاخص RV/TV نشان می‌دهد که ویتامین E اختصاصاً از بار اضافه و هایپرتروفی تطابقی میوکارد بطن راست ممانعت کرده و مانع از ورود قلب به مرحله نارسایی دژنراتیو شده است. سازوکار این اثر احتمالاً به خواص مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد اکسیژن توسط آلفا-توکوفرول برمی‌گردد؛ گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) با القای اختلال در اندوتلیوم عروق ریه، مهار تولید نیتریک اکساید (NO) و افزایش اندوتلین-۱، انقباض عروقی و بازسازی ساختاری دیواره شریانچه‌ها را تشدید می‌کنند (Bottje et al., 1995; Cawthon et al., 1999). مکمل‌سازی با ویتامین E با حفظ یکپارچگی غشای سلول‌های اندوتلیال و میوسیت‌ها، مقاومت عروق بستر ریه را تعدیل کرده است.

یافته‌های الکتروکاردیوگرافی مطالعه حاضر نیز همسو با مشاهدات کالبدگشایی بود. در پرندگان، الکتروفیزیولوژی قلب ویژگی‌های منحصر به فردی دارد؛ به دلیل نفوذ عمیق رشته‌های پورکنز در ضخامت میوکارد بطن‌ها، بردار دپولاریزاسیون عمدتاً از اندوکارد به اپیکارد و به سمت قاعده قلب جهت‌گیری می‌کند که منجر به ثبت امواج S عمیق در اشتقاق‌های تحتانی (مانند III, II و aVF) می‌شود (Genesiz, 2018 & Vassall-Adams, 1982; Kaya). در گروه شاهد، افزایش بار فشاری روی بطن راست منجر به اتساع و هایپرتروفی عضلانی شده که در نوار قلب با دامنه‌های بالاتر موج S و R متجلی گردید. کاهش معنی‌دار دامنه موج S و R

در روز ۴۵ در گروه‌های درمانی با ویتامین E (به‌ویژه دوزهای ۲۰۰ و ۴۰۰)، موید کاهش ولتاژ ناشی از مهار هایپرتروفی توده بطنی است. این پدیده تأیید می‌کند که ویتامین E مانع از پیشرفت بار الکتریکی پاتولوژیک مرتبط با بزرگ‌شدگی بطن راست شده است. علاوه بر این، افزایش معنی‌دار فاصله RR در روز ۴۵ در جوجه‌های دریافت‌کننده ویتامین E بیانگر کاهش ضربان قلب نسبی در قیاس با تکیکاردی ناشی از پرکاری تیروئید در گروه شاهد) است. هورمون T3 با افزایش تحریک‌پذیری گیرنده‌های بتا-آدرنرژیک و بالا بردن نرخ سوخت‌وساز، سبب تکیکاردی شدید و کوتاه شدن فاصله RR می‌شود که فرسودگی پیش‌رس میوکارد را در پی دارد (Ladmakhi et al., 1997). ویتامین E احتمالاً با کاهش سطح استرس اکسیداتیو سیستمیک، بهبود تبادل اکسیژن بافتی و تعدیل بار سمپاتیک، فشار کار قلب را کاسته و به بازگشت ریتم پایه به محدوده فیزیولوژیک‌تر کمک کرده است.

از نقطه نظر هدایت درون‌بطنی، پهن‌تر شدن یا افزایش فاصله QRS در روز ۴۵ در اشتقاق‌های II و aVF در گروه‌های دریافت‌کننده ویتامین E قابل توجه بود. اگرچه افزایش کنترل‌نشده QRS می‌تواند نشانه بلوک شاخه‌ای باشد، اما در زمینه محافظت میوکارد، این تعدیل می‌تواند بازتابی از بهبود هدایت وابسته به تثبیت کانال‌های یونی غشایی و تثبیت فعالیت پمپ‌های سدیم-پتاسیم در برابر آسیب‌های اکسیداتیو لیبیدی غشا باشد (Sperelakis et al., 2000). همچنین عدم تغییر معنی‌دار در فواصل QT و ST و زاویه محور الکتریکی قلب (MEA) نشان داد که ویتامین E بدون ایجاد اختلال در زمان بازگشت به حالت استراحت بطن‌ها (رپولاریزاسیون بطنی) و بدون تغییر نامتقارن در جبهه دیپولاریزاسیون سراسری، اثرات محافظتی خود را بر جای گذاشته است. کاهش دامنه موج T در اشتقاق‌های تحتانی در گروه‌های تیمار نیز می‌تواند نشان‌دهنده فروکش کردن استرس‌های شدید میوکاردی و ایسکمی ساب‌اندوکاردی حاصل از بار کاری شدید بطن راست در مدل القایی آسیت باشد.

در مجموع، شواهد الکتروفیزیولوژیک و مورفومتریک حاصل از این بررسی مشخص نمود که استفاده از ویتامین E، به صورت دوز-وابسته و به خصوص در سطوح ۲۰۰ تا ۴۰۰ واحد بین‌المللی، اثرات مخرب کاتابولیک و همودینامیک هورمون تیروئید بر بستر عروقی ریه و ساختار میوکارد را تخفیف می‌دهد. این مکمل آنتی‌اکسیدانی نه تنها از وقوع هایپرتروفی نامتناسب بطن راست پیشگیری می‌نماید، بلکه با تعدیل ولتاژ کمپلکس‌های دیپولاریزاسیون و تثبیت ریتم بطنی، بقا و عملکرد سیستم قلبی-عروقی را در مواجهه با پرفشاری ریوی بهبود می‌بخشد.

نتیجه‌گیری

باتوجه به اینکه صنعت پرورش طیور به طور چشمگیری در حال توسعه و پیشرفت می‌باشد و این رشد در اکثر مناطق دنیا به چشم می‌خورد، اکثر گله‌های پرورشی در این مناطق با مشکلات فشارخون ریوی و در نهایت آسیت بالینی مواجه است. بااستناد به نتایجی که در این مطالعه و همچنین مطالعات قبلی مبنی بر اثرات بسیار سودمند ویتامین E در کاهش عوارض فشارخون ریوی بدست آمده‌است تجویز ویتامین E با دوزهای ۱۰۰ واحد بین‌المللی آلفا توکوفرول، ۲۰۰ واحد بین‌المللی آلفا توکوفرول و ۴۰۰ واحد بین‌المللی آلفا توکوفرول در مزارع پرورش اردک توصیه می‌گردد.

منابع

- Adeola, O. (2006). Review of research in duck nutrient utilization. *International Journal of Poultry Science*, 5(3), 201-218.
- Ahani, M., Hosseini-Vashan, S.J. & Afzali, N. (2025). Evaluation of growth performance, blood biochemical indices, and jejunum morphology in broiler chickens fed with hydroalcoholic extract of tarragon and vitamin E. *Animal Production Research*, 15 (1), en57-en58, fa59-fa70.
- Baghbanzadeh, A., & Decuyper, E. (2008). Ascites syndrome in broilers: physiological and nutritional perspectives. *Avian Pathology*, 37(2), 117-126.
- Barani, M., Afzali, N. & Hosseini-Vashan, S.J. (2017). Effects of dietary inclusion of extruded hempseed (*Cannabis sativa* L.) on performance, carcass components, humoral immune response and plasma lipid profile of broiler chickens. *Animal Production Research* 6 (2), 39-49, 10.22124/ar.2017.2540
- Bottje, W., Enkvetchakul, B., Moore, R., & MCNEW, R. (1995). Effect of α -tocopherol on antioxidants, lipid peroxidation, and the incidence of pulmonary hypertension syndrome (ascites) in broilers. *Poultry science*, 74(8), 1356-1369.

- Cawthon, D., McNew, R., Beers, K., & Bottje, W. (1999). Evidence of mitochondrial dysfunction in broilers with pulmonary hypertension syndrome (ascites): Effect of t-butyl hydroperoxide on hepatic mitochondrial function, glutathione, and related thiols. *Poultry science*, 78(1), 114–124 .
- Cinar, A., Bagci, C., Belge, F., & Uzun, M. (1996). The electrocardiogram of the Pekin duck. *Avian diseases*, 919–923 .
- Cunningham's, J. G., & Klein, B. G. (2019). *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology*. Elsevier .
- Currie, R. J. (1999). Ascites in poultry: recent investigations. *Avian Pathology*, 28(4), 313–326 .
- Dettman, R. W., Denetclaw Jr, W., Ordahl, C. P., & Bristow, J. (1998). Common epicardial origin of coronary vascular smooth muscle, perivascular fibroblasts and intermyocardial fibroblasts in the avian heart. *Developmental biology*, 193(2), 169–181 .
- Dosković, V., Bogosavljević-Bošković, S., Škrbić, Z., Lukić, M., Milošević, B., Rakonjac, S., & Petričević, V. (2019). Nutrition-related aspects of ascites in poultry. *Acta Agriculturae Serbica*, 24(48), 119–133 .
- Enkvetchakul, B., Anthony, N. B., & Bottje, W. G. (1995). Liver and blood glutathione in male broiler chickens, turkeys, and quail. *Poultry science*, 74(5), 885–889 .
- Enkvetchakul, B., Beasley, J., & Bottje, W. (1995). Pulmonary arteriole hypertrophy in broilers with pulmonary hypertension syndrome (ascites). *Poult Sci*, 74(10), 1677–1682. <https://doi.org/10.3382/ps.0741677>
- Fouad, A. M., Ruan, D., Wang, S., Chen, W., Xia, W., & Zheng, C. (2018). Nutritional requirements of meat-type and egg-type ducks: what do we know? *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 1 .
- Gupta, A. (2011). Ascites syndrome in poultry: a review. *World's poultry science journal*, 67(3), 457–468 .
- Hosseini-Vashan S.J., Golian, A. & Yaghobfar A. (2015). Effects of turmeric rhizome powder and source of oil in diet on blood metabolites, immune system and antioxidant status in heat stressed broiler chickens. *Journal of Livestock Science and Technologies* 3 (2), 13-20.
- Hosseini-Vashan S.J., Sarir, H., Afzali, N., Malekaneh, M., Allahressani, A. & Esmaeilinasab, P. (2011). Influence of different layer rations on atherogenesis and thrombogenesis indices in egg yolks. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*. 17 (445), 265-273.
- Kaya, M., & Çenesiz, M. (2018). The electrocardiogram of the conscious Chinese goose (*Anser cygnoides*). *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 48(3), 487–492 .
- König, H. E., Korbelt, R., Liebich, H. G., & Klupiec, C. (2016). *Avian Anatomy: Textbook and Colour Atlas*. 5m Publishing .
- Ladmakhi, M. H., Buys, N., Vanderpooten, A., & Decuyper, E. (1997). Myocardial β -adrenergic receptor characteristics in T3-induced ascites and in broiler lines differing in ascites susceptibility. *Avian Pathology*, 26(2), 293–303 .
- Langille, B. L., & Jones, D. R. (1975). Central cardiovascular dynamics of ducks. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 228(6), 1856–1861 .
- Lucy, K., & Karthiayini, K. (2022). *Anatomy and physiology of ducks*. In *Duck Production and Management Strategies* (pp. 157–186). Springer .
- McKenzie, B. E., Will, J. A., & Hardie, A. (1971). The electrocardiogram of the turkey. *Avian Diseases*, 737–744 .
- Miller, M. J., Angeles, F. M., Reuter, B. K., Bobrowski, P., & Sandoval, M. (2001). Dietary antioxidants protect gut epithelial cells from oxidant-induced apoptosis. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 1(1), 1–10 .
- Moore, W. S., Barnett, H., Beebe, H. G., Bernstein, E. F., Brener, B. J., Brott, T., Caplan, L. R., Day, A., Goldstone, J., & Hobson, R. W. (1995). Guidelines for carotid endarterectomy: a multidisciplinary consensus statement from the Ad Hoc Committee, American Heart Association. *Circulation*, 91(2), 566–579 .
- Moran, E. T., Jr., Carlson, H. C., & Pettit, J. R. (1974). Vitamin E-selenium deficiency in the duck aggravated by the use of high-moisture corn and molding prior to preservation. *Avian Dis*, 18(4), 536–543 .
- Murphy, S. P., Ibrahim, N. E., & Januzzi, J. L., Jr. (2020). Heart Failure With Reduced Ejection Fraction: A Review. *JAMA*, 324(5), 488–504. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.10262>
- Nemati, M., Shahir, M., Harakinezhad, M., & Lotfalian, H. (2017). Cold-induced ascites in broilers: effects of vitamin C and coenzyme Q10. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 19, 537–544 .
- Pan, J.-Q., Tan, X., Li, J.-C., Sun, W.-D., & Wang, X.-L. (2005). Effects of early feed restriction and cold temperature on lipid peroxidation, pulmonary vascular remodelling and ascites morbidity in broilers under normal and cold temperature. *British Poultry Science*, 46(3), 374–381 .
- Simonneau, G., Galiè, N., Rubin, L. J., Langleben, D., Seeger, W., Domenighetti, G., Gibbs, S., Lebrech, D., Speich, R., Beghetti, M., Rich, S., & Fishman, A. (2004). Clinical classification of pulmonary hypertension. *Journal of the American College of Cardiology*, 43(12_Supplement), S5–S12. <https://doi.org/doi:10.1016/j.jacc.2004.02.037>

- Sperelakis, N., Kurachi, Y., Terzic, A., & Cohen, M. V. (2000). *Heart Physiology and Pathophysiology*. Elsevier Science .
- Sreenivasaiiah, P. V. (2006). *Scientific poultry production : a unique encyclopaedia*. International Book Distributing Company .
- Sturkie, P. D. (2012). *Avian Physiology*. Springer New York .
- Sun, X., Jiao, H., Zhao, J., Wang, X., & Lin, H. (2017). Unexpected effect of urate on hydrogen peroxide-induced oxidative damage in embryonic chicken cardiac cells. *Free radical research*, 51(7-8), 693–707 .
- Sünder, A., Halle, I., & Flachowsky, G. (1999). Vitamin E hypervitaminosis in laying hens. *Arch Tierernähr*, 52(2), 185–194. <https://doi.org/10.1080/17450399۹۰۹۳۸۶۱۶۱>
- Tellez, G., Farnell, M., Balog, J., Anthony, N., Pavlidis, H., & Donoghue, A. (2005). Hypobaric hypoxia in ascites resistant and susceptible broiler genetic lines influences gut morphology. *Poultry science*, 84(9), 1495–1498 .
- Valavi, M., Sarir, H., FarhangFar, H., Zarban, A., & Hosseini-Vashan, S.J. (2016). Evaluation the effect of garlic and cinnamon powder on performance, antioxidant system, blood parameters of broilers under heat stress conditions. *Research on Animal Production* 7 (14), 20-10.
- Vassall-Adams, P. (۱۹۸۲). The development of the atrioventricular bundle and its branches in the avian heart. *Journal of anatomy*, 134(Pt 1), 169 .
- Wideman Jr, R. F., Wing, T., Kirby, Y. K., Forman, M. F., Marson, N., Tackett, C. D., & Ruiz-Feria, C. A. (1998). Evaluation of minimally invasive indices for predicting ascites susceptibility in three successive hatches of broilers exposed to cool temperatures. *Poultry science*, 77(10), 1565–1573 .
- Wideman, R. F. (2000). Cardio-pulmonary hemodynamics and ascites in broiler chickens. *Poultry and Avian Biology Reviews*, 11(1), 21–44 .
- Wu, J., Sun, X., Wu, Q., Li, H., Li, L., Feng, J., Zhang, S., Xu, L., Li, K., & Li, X. (2016). Disrupted intestinal structure in a rat model of intermittent hypoxia. *Molecular medicine reports*, 13 .۴۴۱۳–۴۴۰۷ (۵)
- Yogeshpriya, S., Selvaraj, P., Ramkumar, P., Veeraselvam, M., Saravanan, M., Venkatesan, M., & Jayalakshmi, K. (2018). Review on avian electrocardiogram. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 7(8), 1389–1395 .
- Zafra, R., Pérez, J., Pérez-Ecija, R. A., Borge, C., Bustamante, R., Carbonero, A., & Tarradas, C. (2008). Concurrent aspergillosis and ascites with high mortality in a farm of growing broiler chickens. *Avian Dis*, 52(4), 711–713. <https://doi.org/10.1637/8283-031208-Case.1>