Journal of Animal Science Research / vol.35 No.4/ 2026/pp 1-14

The effect of different feeding levels of ewes during the transition period on the pattern of minerals in the blood of their lambs

H Mahmoudi Munah[1], M Zarrin[2*], M Dehghan Khalili[1], and A Ahmadpour[3]

Received: 2024-06-24 Revised: 2025-04-14 Accepted: 2025-06-21

[1]MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
[2]Associate professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
[3]Assistant professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
[*]Corresponding author: m.zarrin@yu.ac.ir

Journal of Animal Science Research / vol.35 No.4/ 2026/pp 1-14
https://animalscience.tabrizu.ac.ir

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
DOI: 10.22034/AS.2025.62246.1745

Introduction: The intricate relationship between minerals and the biological functioning of living organisms has long been a subject of scientific inquiry and practical importance. Minerals, present in small yet crucial quantities, play multifarious roles in satisfying the diverse physiological needs of various species. This is particularly evident in tropical regions, where animals reared under extensive systems often face limitations in their feed, leading to a heightened risk of mineral deficiencies. These deficiencies can have far-reaching consequences, disrupting the performance of livestock production, compromising reproductive functions, and ultimately diminishing the overall profitability of farms (Suttle 2010; Parent et al. 2018). The concentration of minerals within living organisms is influenced by numerous factors, including species, sex, genotype, stage of production (such as lactation), geographical region, prevailing climate, tissue characteristics, and the specific animal management practices employed, including rearing and feeding systems (Alturiqi and Albedair 2012; Hernandez-Castellano 2017; Lin et al. 1989; Ozcelik et al. 2017).
Reducing the availability of feed will cause a lack of mineral substances received by livestock (Haenlein and Anke 2011), and affect the composition and amount of colostrum and milk produced (Norgaard et al. 2008) which increases mortality in lambs (Hashemi et al. 2008).
Therefore, it is necessary to know the amount of minerals in the lambs of animals that are faced with reduced access to feed during the transition period. This study aimed to investigate the effect of feed restriction in ewes during the transition period on the plasma concentration of mineral elements in their lambs.
Materials and Methods: Twenty pregnant fat-tailed ewes were allotted to two experimental groups of Control, (n=10) and feed restriction (Restriction; n=10). After adaptation, during the pre-partum period, the control group from five weeks before parturition to parturition (-5 to -1) was fed with 100% of the balanced ratio. Restriction in the same period during the first to fifth weeks of the study were fed with 100, 50, 65, 80, and 100% of the recommended ration, respectively. The same nutritional program was repeated from the first to the fifth week after parturition for both groups (1

to 5). After lambing, blood samples were taken at zero (parturition), 1, 12, 24, 36, 48 and 72 hours. During the feed restriction (wk 1-wk 5), lamb blood samples were taken weekly. Blood samples were collected at various time points, including parturition, and at specific intervals throughout the study. The samples were kept on ice and centrifuged to harvest the plasma, which was then analyzed for the concentrations of key minerals, including phosphorus (P), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), and chloride (Cl), using an atomic absorption spectrophotometer (Hitachi - Science & Technology - Z-2300, Japan). The data were statistically analyzed using the Mixed model procedure of SAS to determine the effects of the feed restriction on the mineral status of the lambs.

Results and discussion: The feed restriction had no significant impact on the plasma concentrations of phosphorus, magnesium, potassium, sodium, and chloride, and the concentrations of these elements did not differ between the two treatment groups. However, sampling time showed that the blood mineral except sodium, changed during the experiment. Blood phosphorus concentration gradually increased from birth (hour 0) to the end of the experiment, and from the second week, the phosphorus concentration showed a significant increase compared to the first week and the early hours of parturition ($P<0.001$). The sampling times indicated a difference in the blood magnesium concentration in the lambs ($P<0.001$), where the concentration of this element was low in the early hours of parturition and reached the highest concentration in the final weeks of the experiment (weeks 4 and 5) compared to the early stages of birth in both experimental groups. The results showed that the potassium concentration in both treatment groups followed a specific pattern from birth to the end of the experiment, being almost identical from the early hours of birth (0) to 24 hours in the restricted group and 36 hours in the control group, but then began a decreasing trend ($P<0.05$) and reached the lowest value at 72 hours after birth compared to the previous hours. The concentration of this element was at its lowest in the first and second weeks after parturition compared to the early parturition and other sampling weeks. From the third week, the concentration of this element showed an increasing trend and reached a higher concentration in the fourth and fifth weeks compared to the first week after birth. With the increase in the age of the lambs, the chloride concentration changed ($P<0.001$), such that 12 hours after birth, the concentration of this element increased in both groups, and this increase continued until 72 hours after parturition. Contrary to the increasing trend until 72 hours after parturition, the concentration of this element showed a significant decrease in both treatment groups at the end of the first week after parturition ($P<0.05$), and from the second week, it resumed an increasing trend. The concentration of this element increased from the third week after parturition to the initial concentration at birth. Due to the effective role of minerals in growth, development of bones, general health and optimal functioning of biological systems, the optimal amount of these elements in lambs is of great importance. Different studies have shown that, probably due to the use of reserves of mineral elements in the body that compensate for their deficiency, the clinical symptoms of the lack of these elements are not visible except in very acute conditions (Ramirez-Perez et al. 2000). As previous studies have shown, one of the characteristics of long-tailed ewes is their ability to retain nutrients and influence the growth and health of their lambs, such as colostrum, milk and immunogenic factors (Zarrin et al. 2021; Nouri et al. 2023). Therefore, according to the role of minerals in the growth and development of body tissues, as well as their very important role in health and maintaining the body's antioxidant capacity (Ataollahi et al. 2018), it is concluded that lambs are able to, even in conditions of food restriction, Maintain appropriate plasma concentrations of these elements. The changing the concentration of some of these elements with the increasing age of lambs, especially in the second and third weeks after birth, indicates the physiological changes of the body and, accordingly, the difference in the need for minerals and other nutrients, which was emphasized by Hernández-Castellano et al. (2017).

Conclusion: The study explored the impact of maternal dietary restriction on the mineral levels in the plasma of lambs. The findings revealed that maternal dietary restriction during pregnancy and after birth did not significantly affect the mineral concentrations in the lambs. However, the study

highlighted that the mineral concentrations varied with the age of the lambs. This suggests that ewes efficiently utilize their energy and mineral reserves during pregnancy to ensure proper mineral levels in their offspring at birth. Furthermore, the ewes continue to provide minerals to their lambs through colostrum and milk until the lambs become independent. Once the lambs are independent, they acquire the necessary minerals from their feed.

Keywords: Fat-tailed ewes, Feed restriction, Lamb, Minerals, Transition period

مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۳۵ شماره ۴/ سال۱۴۰۴/ صفحات ۱ تا ۱۴
DOI: 10.22034/AS.2025.62246.1745

تأثیر سطوح مختلف تغذیه میش‌ها در دوره انتقال بر الگوی مواد معدنی خون بره‌های آن‌ها

حمیده محمودی مونه[۱]، موسی زرین[۲*]، منوچهر دهقان خلیلی[۱] و امیر احمدپور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۳۱

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج
[۲]دانشیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج
[۳]استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج
[*]مسئول مکاتبه: Email: m.zarrin@yu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: در شرایطی که دام‌های دوره انتقال دچار محدودیت خوراکی می‌شوند ممکن است علاوه بر کاهش تولید و ترشح آغوز و شیر، محتوی مواد معدنی آن‌ها نیز تحت تأثیر قرار گرفته که این امر سبب بروز اختلال در دام و حتی نوزادان آن‌ها می‌شود. کاهش دسترسی به خوراک در میش‌های آبستن به ویژه در اواخر آبستنی سبب بروز مشکلاتی در تأمین منابع مغذی مورد نیاز جنین شده و بسته به شدت محدودیت ممکن است سبب اختلال در رشد بره‌های متولد شده و حتی سقط جنین شود. دوره انتقال در دام‌ها با تغییرات گسترده‌ای در فراسنجه‌های خونی همراه است. آبستنی و شیردهی مراحل بحرانی چرخه تولید مثل میش‌ها هستند. مواد معدنی ضروری در آغوز نقش مهمی در پیشگیری از آسیب‌های ناشی از اختلالات تغذیه در میش‌های شیرده ایفا می‌کنند. تأمین کافی این مواد معدنی در دوره انتقال می‌تواند ترکیب و ارزش بیولوژیکی آغوز را بهبود بخشد و بر سلامت بره‌های تازه متولد شده تأثیرگذار باشد. **هدف**: بررسی تأثیر محدودیت خوراکی در میش‌های دوره انتقال بر غلظت پلاسمایی عناصر معدنی بره‌های آن‌ها. **روش کار**: به‌منظور بررسی غلظت مواد معدنی پرمصرف در خون بره‌های متولد شده از گوسفندان تحت تأثیر محدودیت خوراکی از تعداد ۲۰ رأس میش آبستن دنبه‌دار نژاد ترکی- قشقایی و لری- بختیاری در دو گروه شاهد (n=۱۰) و محدودیت خوراکی (n =۱۰) استفاده شد. نمونه خون در زمان‌های صفر (تولد)، ۱، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از زایمان و همچنین به صورت هفتگی هفته‌های اول تا پنجم پس از تولد از سیاهرگ وداج بره‌ها با استفاده از لوله‌های هپارینه گرفته شده و با استفاده از سانتریفیوژ در دور ۳۵۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه پلاسمای جدا شده در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. غلظت مواد معدنی مورد نظر در پلاسمای خون نمونه‌های بره‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از رویه Mixed Model نرم‌افزار SAS ارزیابی شدند. **نتایج**: نتایج نشان داد که محدودیت خوراکی بر غلظت پلاسمایی عناصر معدنی اندازه‌گیری شده فسفر، منیزیم، پتاسیم، سدیم و کلر در خون بره‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت ولی غلظت برخی از این عناصر با افزایش سن بره‌ها تغییرات معنی‌داری نشان داد. **نتیجه‌گیری کلی**: بر مبنای نتایج حاضر چنین استنباط می‌شود که گوسفندان دنبه‌دار از اندوخته انرژی و مواد معدنی بدن خویش در دوران بارداری باعث حفظ سطوح مناسبی از مواد معدنی در خون بره‌های خود در ابتدای زایمان و همچنین تأمین آن‌ها از طریق ترشحات پستانی نظیر آغوز و شیر به عملکردهای بهینه آن‌ها تا زمان وابستگی به مادر عمل خواهند کرد. و از زمان مستقل شدن این توانایی به خود بره‌ها انتقال پیدا کرده که با استفاده از تغذیه علوفه و خوراک مایحتاج مواد معدنی خویش را برای رشد فراهم نمایند.

واژگان کلیدی: گوسفند دنبه‌دار، محدودیت خوراکی، بره، مواد معدنی، دوره انتقال

مقدمه

مواد معدنی نقش‌های مختلفی را در موجودات زنده ایفا می‌کنند و مقادیر کمی از آن‌ها می‌توانند نیازهای بیولوژیکی متنوع موجودات را برآورده کند. در مقابل مقدار بیش از حد مواد معدنی در خوراک حیوانات ممکن است علائم مسمومیت یا حتی مرگ حیوان را به دنبال داشته باشد. ازطرفی کمبود این عناصر ممکن است منجر به بروز اختلالاتی شود که منجر به مرگ نیز می شود. در کشورهای گرمسیری، حیواناتی که تحت سیستم‌های گسترده پرورش می‌یابند، اغلب با محدودیت خوراکی مواجه هستند که این امر دلیلی برای موارد مکرر کمبود مواد معدنی خواهد بود. این کمبودها عملکردهای تولیدی و تولید مثلی را مختل می‌کند و سودآوری کلی مزارع را کاهش می‌دهد (ساتل ۲۰۱۰ و پارینت و همکاران ۲۰۱۸).

متخصصان تغذیه مواد معدنی مرتبط با تغذیه حیوانات تولیدی را به دو دسته‌ی مواد معدنی پرمصرف (Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S) و مواد معدنی کم‌مصرف (Co, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Zn, Se) تقسیم‌بندی می‌شود (مک داول ۱۹۸۵). چهار عملکرد کلی مواد معدنی در بدن حیوانات شامل ساختاری (کلسیم و فسفر)، فیزیولوژیکی (پتاسیم و سدیم)، کاتالیزوری (منیزیم و منگنز) و تنظیمی (سلنیم) می‌باشد (ساتل ۲۰۱۰؛ مک‌دونالد و همکاران ۲۰۱۱). برخی از مواد معدنی، مانند منیزیم و کلسیم، عملکردهای متعددی دارند (هرناندز-کاستلانو و همکاران ۲۰۱۷).

غلظت مواد معدنی تحت تأثیر مجموعه وسیعی از عوامل از قبیل گونه، جنسیت، ژنوتیپ، مرحله تولید (شیردهی)، منطقه، آب و هوا، ویژگی های بافت و شیوه های مدیریت حیوانات، یعنی سیستم های پرورش و تغذیه است (آلتورک و آلبدر ۲۰۱۲؛ هرناندز-کاستلانو و همکاران ۲۰۱۷؛ لین و همکاران ۱۹۸۹ و اوزچلیک و همکاران ۲۰۱۷)

دوره‌ی انتقال یکی از بحرانی‌ترین دوره‌های حیات دام بوده که از سه هفته پیش از زایمان شروع و تا سه هفته پس از زایمان ادامه پیدا می‌کند (اسپیرز و همکاران ۲۰۱۱). شیردهی، همراه با بارداری، یک دوره بسیار سخت برای حیوان است که متابولیسم را در حیوانات تغییر می‌دهد. میش‌ها در این دوره نیاز به دریافت پروتئین، انرژی و مواد معدنی بیش‌تری دارند. نوزادان برای مواد مغذی حیاتی مانند مواد معدنی و ایمونوگلوبولین‌ها از طریق آغوز و شیر و از طریق جفت در طول دوره جنینی کاملاً به مادر خود وابسته هستند. حاملگی و شیردهی مراحل بحرانی چرخه تولید مثل میش‌ها هستند، زیرا به دلیل زایمان و شیردهی، نیاز به تسریع در متابولیسم انرژی و مواد معدنی آن‌ها دارد تا مواد مغذی ضروری برای جنین و نوزادان در حال رشد فراهم شود (هرناندز-کاستلانو ۲۰۱۵) در طول این دوره، نیاز دام به انرژی و مواد مغذی برای تأمین نیازهای جنین و شیردهی بیش‌تر از زمان‌های دیگر است (اینگوارتسن ۲۰۰۶). مواد معدنی برای رشد جنین و نوزاد و همچنین برای عملکرد فیزیولوژیکی عمومی میش مورد نیاز می‌باشد، بنابراین باعث افزایش تقاضا مواد معدنی در حین آبستنی و شیردهی می‌شود. دسترسی کافی به مواد مغذی و خوراک به عنوان یک عامل تأثیرگذار در رشد، سلامت، رفاه و افزایش تولید دام بسیار اهمیت داشته و در صورت کاهش دسترسی و هم‌چنین محدودیت خوراکی تأثیرات منفی زیادی بر سلامت، تولید و سوخت و ساز دام مشاهده می‌شود (زرین و همکاران ۲۰۲۱).

کاهش دسترسی به خوراک در میش‌های آبستن به ویژه در اواخر آبستنی سبب بروز مشکلاتی در تأمین منابع مغذی مورد نیاز جنین شده و بسته به شدت محدودیت ممکن است، سبب اختلال در رشد بره‌های متولد شده و حتی سقط جنین شود (جنکینسون و همکاران ۲۰۱۲).

خوراک مناسب در اواخر آبستنی سبب افزایش رشد و نمو جنین و همچنین افزایش تولید آغوز و شیر توسط دام شده که این امر نیز منجر به افزایش رشد و وزن بره‌های آن‌ها خواهد شد (روبینسون و همکارن ۱۹۸۳). کاهش دسترسی به خوراک باعث کمبود مواد معدنی دریافتی توسط دام خواهد شد (هانلین و آنک ۲۰۱۱) و با تأثیر بر ترکیب و میزان آغوز و شیر تولیدی (نورگارد

و همکاران ۲۰۰۸) باعث افزایش مرگ و میر در بره‌ها خواهد شد (هاشمی و همکاران ۲۰۰۸). عرضه ناکافی یا بیش از حد هر کدام از عناصر می‌تواند باعث بروز اختلال در تولید و رشد دام گردد. عوامل گوناگونی نظیر در دسترس بودن، مقدار دریافت از طریق خوراک، جذب و قابلیت استفاده مواد معدنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لی و جوسورو ۲۰۰۲). نیاز به عناصر معدنی، به نیازهای متابولیکی هر دام که توسط تنش‌های فیزیولوژیکی و محیطی ایجاد می‌شود، در طول زندگی متفاوت است، به‌طوری که در زمان بارداری و شیردهی نیاز به موادمعدنی بیش‌تر از دوران نگه‌داری و رشد است (گریس ۱۹۸۳ و ماستر و وایت ۱۹۹۶).

با توجه به تأثیر محدودیت خوراکی بر متابولیت‌های خونی و تغییر در مقدار آغوز و شیر تولیدی (زرین و همکاران ۲۰۲۱) و همچنین کاهش مقدار آغوز و شیر مصرفی، کاهش افزایش وزن در بره‌های میش‌های تحت محدودیت خوراکی (نوری و همکاران ۲۰۲۳) فرض شد که غلظت مواد معدنی در خون بره‌ها نیز در طی دوره آزمایش دچار تغییراتی شده است. بنابراین آگاهی از میزان مواد معدنی بره‌های دام‌هایی که در دوره انتقال با کاهش دسترسی به مواد خوراکی مواجه هستند امری ضروری به نظر می‌رسد. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر محدودیت خوراکی در میش‌های دوره انتقال بر غلظت پلاسمایی عناصر معدنی بره‌های آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

مدیریت و نگهداری دام‌ها: این مطالعه با انتخاب ۲۰ رأس میش آبستن دنبه‌دار از نژادهای غالب منطقه (۱۰ رأس میش لری- بختیاری و ۱۰ رأس میش ترکی- قشقایی به‌صورت مساوی بین دو گروه تقسیم شدند)، عاری از هرگونه بیماری، با میانگین سن ۶/۲ ± ۴۰/۸ ماه و وزن زنده ۱/۸ ± ۵۶ کیلوگرم (میانگین ± انحراف معیار) انجام شد. کلیه موارد مربوط به انجام مطالعه و رعایت پروتکل‌ها نمونه‌برداری و موارد مربوط به حقوق حیوانات توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه یاسوج به شماره ۱۵۹۵۰-۹۵۰۴۴۱۰۱۱ به تصویب رسید. جزئیات مربوط به دام‌ها، تیمارهای آزمایشی و برنامه زمانی انجام مطالعه پیش‌تر گزارش گردیده است (زرین و همکاران ۲۰۲۱). از هفت هفته قبل از زایمان دام‌ها به‌طور تصادفی بر اساس وزن بدن، شکم زایش و سن به دو گروه آزمایشی شاهد (Control, n=۱۰) و محدودیت خوراکی (Restriction; n =۱۰) اختصاص یافتند. برای سازگاری با محیط جدید و شرایط تغذیه‌ای دو هفته قبل از شروع آزمایش، دام‌ها به جایگاه انفرادی با ابعاد ۱× ۱/۲ متر مجهز به آبشخور و آخور مجزا منتقل شدند. جیره خوراکی بر اساس توصیه‌های NRC[1] برای نشخوارکنندگان کوچک، و با استفاده از مواد خوراکی موجود تنظیم و به‌صورت کاملاً مخلوط تهیه و در دو وعده (ساعت ۰۸۰۰ و ۱۷۰۰) در اختیار دام‌ها قرار گرفت. مشخصات کامل جیره‌ها و مواد تشکیل‌دهنده در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

تیمارهای آزمایشی: پس از دو هفته سازگاری، از پنج هفته قبل از زایمان تا زمان زایمان (۵- تا ۱- هفته) میش‌های گروه شاهد با ۱۰۰ درصد خوراک پیشنهادی تغذیه شدند. در همین مدت نیز میش‌های گروه محدودیت هفته اول و هفته منتهی به زایش (۵- و ۱-) به ۱۰۰درصد خوراک پیشنهادی دسترسی آزاد داشتند. دام‌های این گروه طی هفته‌های ۴-، ۳-، ۲- به ترتیب با ۵۰، ۶۵، و ۸۰ درصد خوراک توصیه‌شده تغذیه شدند. به‌منظور جلوگیری از آسیب‌های ناشی از محدودیت خوراکی و تأثیر نامطلوب استرس‌های ناشی از انجام آزمایشات و نمونه‌برداری بر سلامت مادر و بره دام‌ها از یک هفته مانده به آزمایش به جایگاه انتظار زایمان با محیط بهداشتی و دسترسی کامل به آب بهداشتی و خوراک کامل انتقال داده شدند. همین برنامه خوراک‌دهی از هفته اول بعد از زایمان به مدت پنج هفته (هفته ۱ تا ۵) تکرار گردید. در کل دوره آزمایش دام‌ها به آب شرب سالم دسترسی داشته و آجرهای لیسیدنی معدنی و سنگ نمک نیز در اختیار دام‌ها قرار داشت.

[1] NRC: National research Council

نمونه‌گیری: در زمان زایش اجازه داده شد تا برّه‌ها توسط مادرشان خشک شوند و پس از توزین آنها، با توجه به وزن، ویتأمین AD3E دریافت کردند. سپس به برّه‌ها اجازه داده شد تا از آغوز تغذیه کنند. برّه‌ها در فواصل تغذیه آغوز در جایگاه‌های انفرادی و مجزا از میش مادر نگهداری می‌شدند. نمونه خون در زمان‌های صفر (تولد)، ۱، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از زایمان و هم‌چنین به صورت هفتگی هفته‌های اول تا پنجم پس از تولد از سیاهرگ وداج برّه‌ها با استفاده از لوله‌های هپارینه گرفته شده و با استفاده از سانتریفیوژ در دور ۳۵۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه پلاسمای جدا شده در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد.

آنالیز آزمایشگاهی: غلظت مواد معدنی فسفر، منیزیم، پتاسیم، سدیم، و کلر در پلاسمای خون برّه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری شد. این روش به‌دلیل سرعت، سادگی و دقت بالا انتخاب گردید. میزان جذب مواد معدنی نمونه‌ها و استانداردها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله (Hitachi - Science & Technology - Z-2300, Japan) در آزمایشگاه شرکت سبزباوران نواندیش فارس اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری: با استفاده از رویه UNIVAR نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ (Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) نرمال بودن داده‌های به‌دست‌آمده سنجیده شد. این آزمایش در قالب یک طرح دو عاملی بر اساس مفروضات طرح‌های کاملاً تصادفی انجام گردید. داده‌های به‌دست‌آمده بر اساس رویه Mixed Model نرم‌افزار آماری SAS و با لحاظ برّه‌ها به عنوان عامل تکرار شونده، تیمارهای آزمایشی (شاهد، محدودیت خوراکی)، زمان نمونه‌برداری (ساعت زایمان تا ۷۲ ساعت و هفتگی) و اثر متقابل تیمار × زمان به عنوان اثرات ثابت به لحاظ آماری مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت مواد معدنی در خون به عنوان اثرات وابسته و نژاد دام‌ها به عنوان اثرات تصادفی در نظر گرفته شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی-کرامر و با دامنه معنی داری $P \leq ۰/۰۵$ استفاده شد. داده‌ها به‌صورت (Mean ± SEM) نشان داده شدند. مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش مطابق مدل زیر بود:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + t_k + (\tau * t) + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk}، صفت اندازه‌گیری شده؛ μ، میانگین صفت؛ τ_i، اثر تیمارهای تغذیه‌ای؛ t_k، اثر زمان (هفته‌های آزمایشی)، $(\tau * t)$ اثر متقابل بین i امین تیمار و k امین زمان ؛ و ε_{ijk}، شامل خطای تصادفی می‌باشد و فرض گردید که از توزیع نرمال با $N(\mu ijk, \sigma 2ijk)$ پیروی می‌کند. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیگماپلات (Version 14, Systat Software GmbH, Erkrath, Germany) ترسیم شدند.

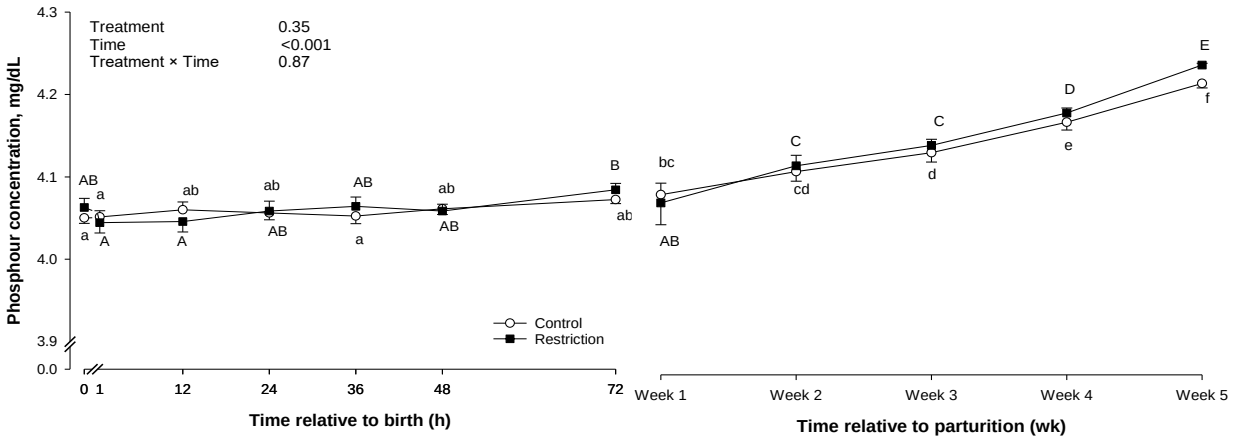

Figure 1. Plasma Phosphour concentration of control (Control; O) and restriction (Restriction; ■) lambs at 0 to 72 hours after birth and the first to fifth weeks after birth

نتایج

براســـاس نتایج به‌دســـت آمده در شـــکل ۱ محدودیت خوراکی بر غلظت پلاســـمایی فســـفر تأثیری نداشـــت و غلظت این عنصر بین دو گروه تیماری تفاوت معنی‌داری مشـاهده نشـد (P=۰/۶۸). هر چند از زمان تولد (سـاعت صـفر) تا پایان آزمایش (انتهای هفته پنجم) غلظت فسـفر خون به تدریج افزایش یافت و از هفته دوم غلظت فسـفر نســـبت به هفته اول و ســـاعات اولیه زایمان افزایش معنی‌داری نشـان داد (P<۰/۰۰۱) ولی به طور کلی غلظت این عنصـــر در هر دو گروه تیماری تا پایان ۷۲ ســـاعت پس از زایمان بدون تغییر باقی ماند به‌طوری که در سن یک هفتگی غلظت فســـفر خون بره‌ها نســـبت به اوایل ساعات اولیه پس از تولد تفاوتی نشان نداد (P<۰/۰۵).

نتایج به‌دســـت آمده در شـــکل۲ نشـــان داد محدودیت خوراکی تـأثیر معنی‌داری بر غلظت منیزیم خون بره‌ها نداشـــت و هر دو گروه تیماری غلظت منیزیم یکســـانی نشـان دادند (P=۰/۴۱؛ جدول ۱). زمان‌های نمونه‌برداری نشـــان‌دهنده تفاوت غلظت منیزیم خون در بره‌ها بود (P<۰/۰۰۱) به‌طوری‌که غلظت این عنصـــر در ســـاعات اولیه زایمان پایین و در هفته‌های انتهایی آزمایش (هفته چهارم و پنجم) بالاترین غلظت منیزیم نســـبت به اوایل تولد در هر دو گروه آزمایش مشـــاهده گردید. با وجود این که اثر زمان بر غلظت این عنصـــر معنی‌دار شـد ولی به‌طورکلی محدودیت خوراکی و اثر متقابل تیمار و زمان معنی‌دار نشد.

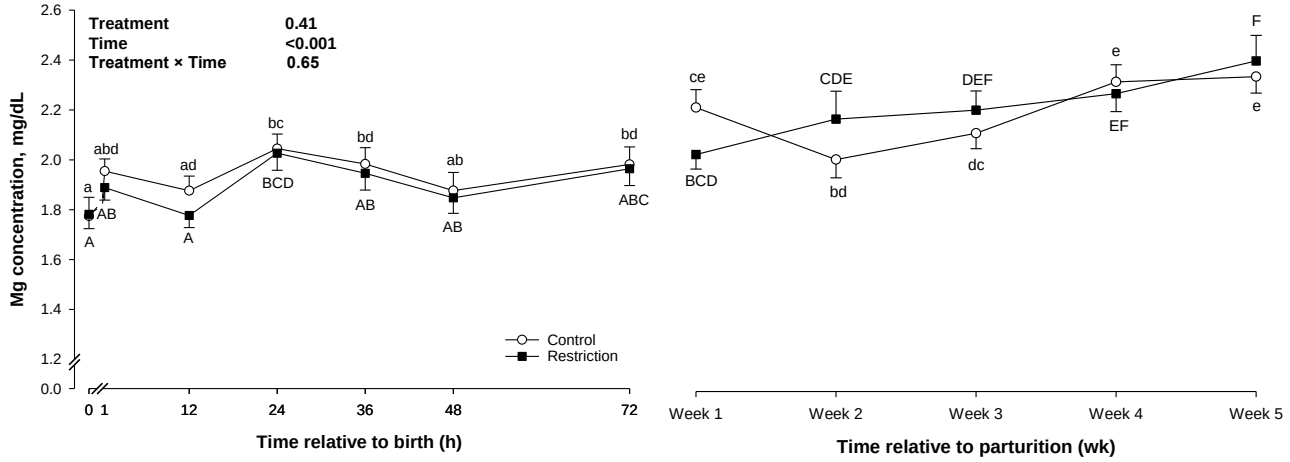

Figure 1. Plasma Magnesium concentration of control (Control; O) and restriction (Restriction;■) lambs at 0 to 72 hours after birth and the first to fifth weeks after birth

نتایج حاصـل از میزان غلظت پتاسـیم در شـکل ۳ بیانگر این است که محدودیت خوراکی تأثیری بر غلظت پتاسیم خون بره‌ها نداشـــت و تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تیمـاری مشـــاهـده نگردیـد (P=۰/۶۸؛ جـدول ۱). نتـایج نشان‌داد که غلظت این عنصر در هر دو گروه تیماری از زمان تولد تا انتهای آزمایش از یک الگوی خاصی پیروی کرده و از ساعات اولیه تولد (ساعت صفر) تا ۲۴ ساعت در گروه محدودیت و تا ۳۶ ساعت در گروه کنترل تقریباً یکســـان بوده ولی از این ســـاعت‌ها شـــروع به یک روند کاهشـی نمود (P<۰/۰۵) و در سـاعت ۷۲ پس از تولد به پایین‌ترین مقدار خود نســـبت به ســـاعت‌های قبل از آن رســـید. غلظت این عنصـــر در هفته اول و دوم پس از زایمان در پایین‌ترین مقدار خود نســـبت به اوایل زایمان و دیگر هفته‌های نمونه‌گیری قرار داشت. از هفته‌ی سوم غلظت این عنصر روند افزایشی به خود گرفته و در هفته چهارم و پنجم به غلظت بالاتری نسـبت به هفته اول پس از تولد رســـید. با این حال غلظت این عنصـــر در هر دو

گروه در انتهای آزمایش (هفته پنجم) نسبت به اوایل تولد نیز پایین‌تر بود (P<۰/۰۵).

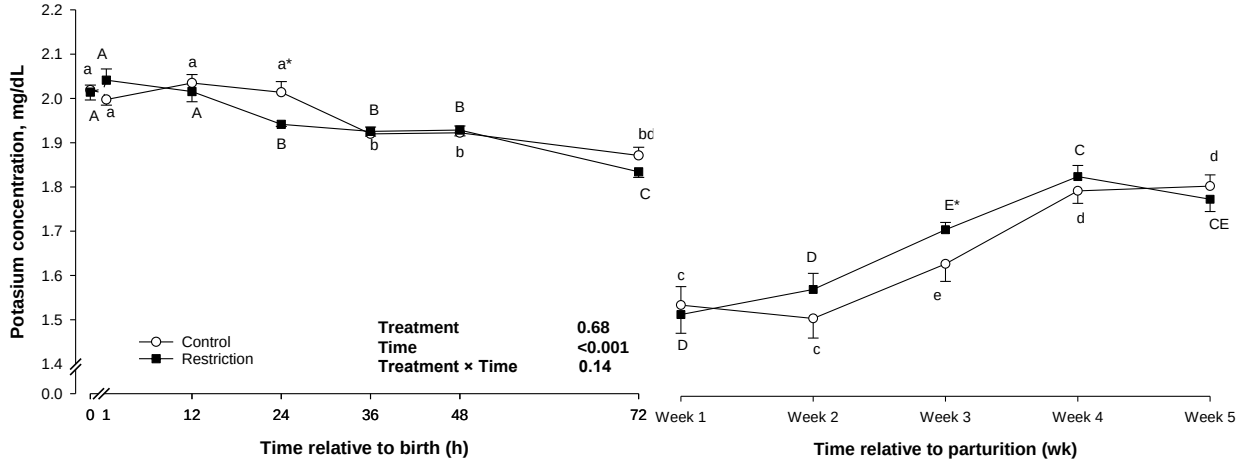

Figure 3. Plasma Potasium concentration of control (Control; O) and restriction (Restriction; ■) lambs at 0 to 72 hours after birth and the first to fifth weeks after birth

نتایج حاصل از میزان غلظت سدیم در شکل ۴ و جدول ۱ بیانگر این است که محدودیت خوراکی و زمان‌های نمونه‌برداری (ساعت صفر تا پایان هفته پنجم آزمایش) تأثیر معنی‌داری بر میزان غلظت یون سدیم در خون بره‌ها نداشت. در طول دوره آزمایش نیز در طی هفته‌های محدودیت تفاوت معنی‌داری بین بره‌های دو گروه (شاهد و محدودیت خوراکی) مشاهده نشد.

Table 1. Plasma metabolites concentrations of lambs in the control (Ctrl; n = 10) and feed-restricted (FR; n = 10) groups relative to birth (0 to 72 h and from week 1 to week 5)

Variables	Groups		SEM	Fixed effects[1]		
	Control	Feed Restriction		Treatment	Time	T×T
P, mg/dL	4.10	4.10	0.00	0.35	<0.001	0.87
Mg, mg/dL	2.03	2.01	0.07	0.41	<0.001	0.65
K, mg/dL	1.84	1.85	0.02	0.68	<0.001	0.14
Na, mg/dL	111.23	111.02	2.08	0.77	0.93	0.86
Cl, mmol/L	98.92	99.09	1.17	0.75	<0.001	0.47

[1]T×T = Traetment × Time interaction.
Data are presented as Mean ± SEM.

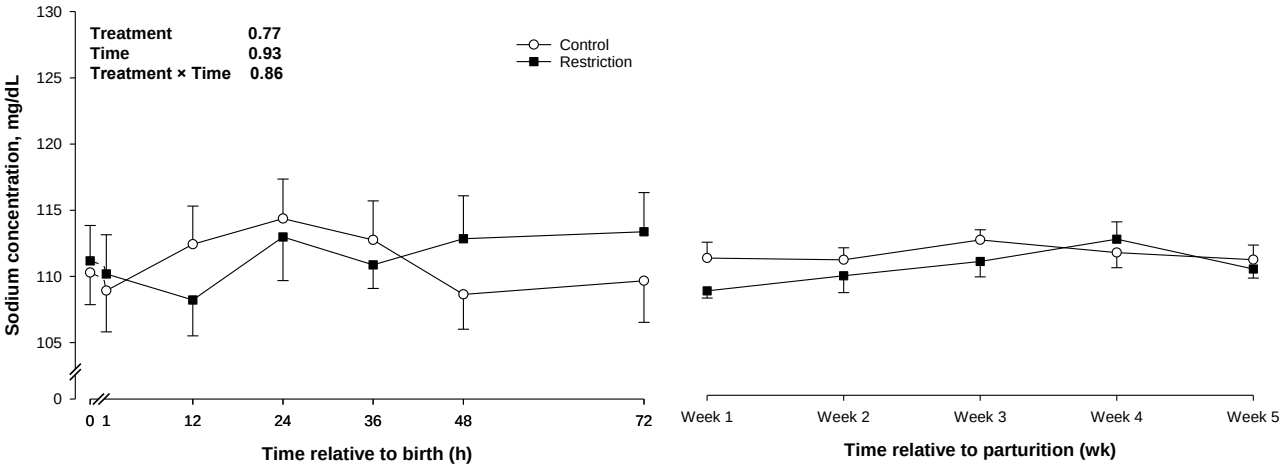

Figure 4. Plasma Sodium concentration of control (Control; O) and restriction (Restriction; ■) lambs at 0 to 72 hours after birth and the first to fifth weeks after birth

همان‌طور که در شکل شماره ۵ نشان داده شده محدودیت خوراکی بر غلظت کلرید در پلاسمای خون بره‌ها تأثیری نداشت و غلظت آن در هر دو گروه تیمار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۷۵؛ جدول ۱). با افزایش سن بره‌ها غلظت این عنصر دچار تغییر شد(P<۰/۰۰۱)، به‌طوریکه ۱۲ ساعت پس از تولد غلظت این عنصر در هر دو گروه افزایش یافت و این افزایش تا ۷۲ ساعت پس از زایمان ادامه داشت. بر خلاف روند افزایشی تا ۷۲ ساعت پس از زایمان، غلظت این عنصر در پایان هفته اول پس از زایمان در هر دو گروه تیماری کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵) و از هفته‌ی دوم دوباره روند افزایشی را در پیش گرفت. غلظت این عنصر از هفته سوم پس از زایمان به غلظت اولیه آن در زمان تولد افزایش یافت.

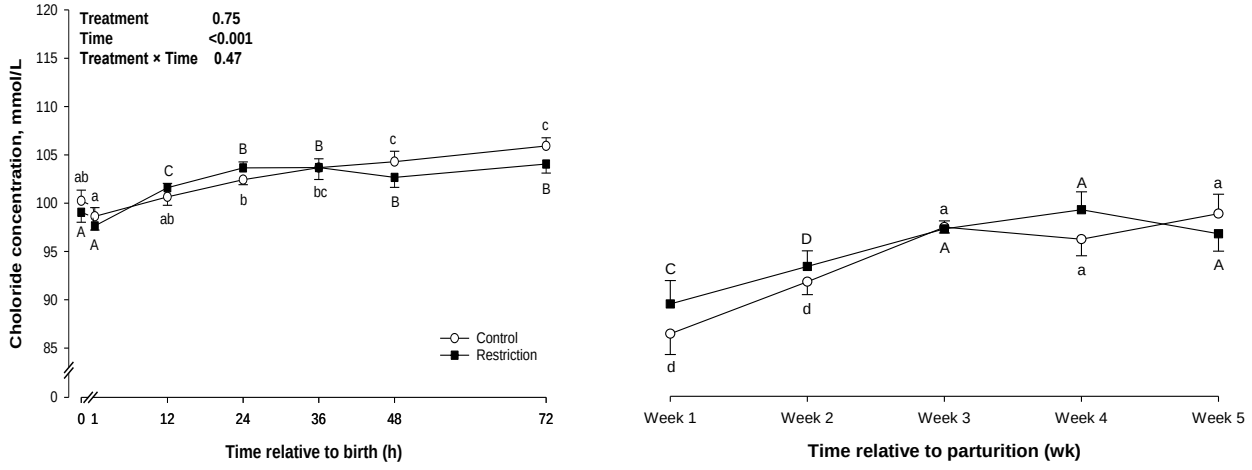

Figure 5. Plasma Choloride concentration of control (Control; O) and restriction (Restriction; ■) lambs at 0 to 72 hours after birth and the first to fifth weeks after birth

بحث

بر اساس دانش نویسندگان مطالعه حاضر اولین مطالعه‌ای می‌باشد که تأثیر محدودیت خوراکی مادران

در دوره انتقال را بر الگوی مواد معدنی پرمصرف در خون بره‌های آن‌ها نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه با در نظر گرفتن دیگر نتایج منتشر شده در ارتباط با عملکرد گوسفندان دنبه‌دار تحت محدودیت خوراکی در دوره انتقال و همچنین تأثیر آن بر محتوی ایمونوگلوبولینی آغوز و خون بره‌ها قابل توجیه و تفسیر می‌باشد (زرین و همکاران ۲۰۲۱؛ نوری و همکاران ۲۰۲۳). محدودیت خوراکی سبب کاهش مقدار تولید آغوز و شیر در گروه محدودیت خوراکی شده ولی تأثیری بر غلظت اجزای تشکیل دهنده شیر و همچنین غلظت ایمونوگلوبولین G نداشت. نتایج مطالعات قبلی همچنین بیانگر مصرف کمتر آغوز، شیر و افزایش وزن کمتر در بره‌های مادران تحت محدودیت خوراکی بود (نوری و همکاران ۲۰۲۳).

دراین مطالعه، تأثیر محدودیت خوراکی در میش‌های دوره انتقال بر غلظت پلاسمایی عناصر معدنی در بره‌های آن‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که محدودیت خوراکی بر غلظت پلاسمایی عناصر معدنی اندازه‌گیری شده فسفر، منیزیم، پتاسیم، سدیم و کلر در خون بره‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت ولی غلظت برخی از این عناصر با افزایش سن بره‌ها تغییرات معنی‌داری نشان داد. به‌دلیل نقش مؤثر مواد معدنی در رشد، توسعه استخوان‌ها، سلامت عمومی و عملکرد بهینه سیستم‌های بیولوژیکی مقدار بهینه این عناصر در بره‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. کمبود این عناصر ممکن است با اختلالات شناخته شده‌ای از قبیل هیپوکلسمی حین زایمان (تب شیر)، هیپوفسفاتمی و هیپومنیزیمی (کزاز علفی)، و حتی اختلال در سیستم ایمنی همراه باشد (وایس۲۰۱۷). برای آگاهی از وضعیت عناصر معدنی در بدن دام‌ها خون مهم‌ترین ماده زیستی می‌باشد (مک داول و همکاران ۱۹۸۵ و خان و همکاران ۲۰۰۹). علاوه بر این، غلظت‌های پلاسمایی عناصر معدنی پرمصرف در خون بره‌ها می‌تواند به عنوان یک شاخص نسبتاً معتبر برای ارزیابی وضعیت مواد معدنی در میش‌های شیرده در نظر گرفته شود، (لین و همکاران ۱۹۸۹).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که احتمالاً به‌دلیل استفاده از ذخایر عناصر معدنی در بدن که کمبود آن‌ها را جبران می‌کند، علائم بالینی کمبود این عناصر به استثناء شرایط بسیار حاد قابل مشاهده نیستند (رامیرز- پرز و همکاران ۲۰۰۰).

بر اساس تحقیقات ساتل (۲۰۱۰) و مک‌دونالد و همکاران (۲۰۱۱)، این عناصر عملکردهای ساختاری و فیزیولوژیکی مهمی در بدن حیوانات دارند و عدم تغییر غلظت آن‌ها در خون بره‌ها می‌تواند نشانه خوبی از حفظ تعادل متابولیسمی در شرایط محدودیت خوراکی باشد. عوامل مختلفی نظیر تغذیه، فراهمی زیستی مواد معدنی، فعل و انفعالات مختلف عناصر، تضادها و هم افزایی‌ها، وضعیت تولید مثل، نژاد، گونه، سن، جنس، و اثرات محیطی بر غلظت عناصر معدنی خون حیوانات تأثیرگذار است (ساتل ۲۰۱۰). همانطور که مطالعات قبل نشان داد یکی از ویژگی‌ها میش‌های دنبه‌دار توانایی آن‌ها در حفظ مواد مغذی و تأثیرگذار در رشد و سلامتی بره‌های خود همانند ترکیبات آغوز، شیر و عوامل ایمنی‌زا می‌باشد (زرین و همکاران ۲۰۲۱ و نوری و همکاران ۲۰۲۳). بنابراین با توجه به نقش مواد معدنی در رشد و توسعه بافت‌های بدن و همچنین نقش بسیار مهم آن‌ها در سلامتی و حفظ ظرفیت آنتی اکسیدانی بدن (عطاءالهی و همکاران ۲۰۱۸) چنین استنباط می‌شود که بره‌ها قادر هستند حتی در شرایط محدودیت خوراکی، غلظت‌های پلاسمایی مناسب این عناصر را حفظ کنند. عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار در غلظت عناصر معدنی بین دو گروه می‌تواند به‌دلیل مکانیسم‌های تنظیم‌کننده درونی در بدن بره‌ها، به ویژه در سنین پایین باشد که قادر خواهند بود تعادل نسبتاً ثابتی را در غلظت پلاسمایی این عناصر حفظ می‌کنند (آلتورک و آلبدر ۲۰۱۲ و اوزچلیک و همکاران ۲۰۱۷). همچنین ممکن است که در دوران اولیه زندگی بره‌ها، توانایی جذب و متابولیسم فسفر به حدی باشد که محدودیت خوراکی تأثیر معناداری بر غلظت آن نداشته باشد. هرچند تفاوت‌های فیزیولوژیکی در دوره‌های مختلف زندگی بره‌ها باعث بروز تغییراتی شود. از دیگر دلایل می‌توان به جذب بهتر مواد معدنی در دام‌های جوان‌تر و استفاده حداکثری از آن‌ها اشاره کرد (مک داول ۲۰۰۳). عدم تفاوت بین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در ۷۲ ساعت اول پس از زایمان ممکن است ناشی

از تغذیه کامل مادران بوده که همه دام‌ها در هفته آخر مانده به زایمان ۱۰۰ درصد جیره پیشنهادی را دریافت نمودند.

نتایج به دست آمده نشان داد که غلظت عناصر اندازه‌گیری شده به استثنای سدیم با افزایش سن بره‌ها دستخوش تغییرات معنی‌داری در هر دو گروه گردید و از هفته دوم به بعد یک روند افزایشی به خود گرفت. روند تغییر غلظت برخی از این عناصر با افزایش سن بره‌ها، به ویژه در هفته‌های دوم و سوم پس از زایمان نشان‌دهنده تغییرات فیزیولوژیک بدن و به تبع آن تفاوت در نیاز به مواد معدنی و همچنین دیگر مواد مغذی می‌باشد. روند تغییر غلظت برخی از این عناصر با افزایش سن بره‌ها، اهمیت مواد معدنی را در مراحل مختلف رشد، که توسط هرناندز-کاستلانو و همکاران (۲۰۱۷) تاکید شده است، آشکار می‌سازد.

نیازهای معدنی گوسفند در شرایط مختلف فیزیولوژیکی همیشه کاملاً مشخص نیست. بیشتر مطالعات انجام شده در ارتباط با مواد معدنی عمدتاً به بررسی نیازهای گوسفندان گوشتی به مواد معدنی اشاره دارد. با این حال در گوسفندان شیری، این نیازها به خصوص در دوره شیردهی که در گوسفند شیری بسیار طولانی‌تر است می‌تواند متفاوت باشد. علاوه بر این، محتوای مواد معدنی در شیر می تواند با پیشرفت شیردهی تغییر کند (مونییلو و همکاران ۲۰۰۵).

مطالعات مختلفی غلظت عناصر معدنی در خون، آغوز و شیر گوسفندان مختلف را بررسی کرده‌اند. برای نمونه، آغوز ۱۰ میش آمیخته در فواصل زمانی ۲، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از زایمان نمونه‌برداری شد، غلظت موادمعدنی Ca ,P و Mg بین ۲ تا ۱۲ ساعت پس از زایمان در بالاترین سطوح بودند. پس از آن میزان مواد معدنی ازساعت ۱۲ تا ۷۲ پس از زایمان به صورت چشم‌گیری کاهش یافت. همچنین، سدیم نیز به میزان کم و به کندی کاهش پیدا کرد. در مقابل، غلظت پتاسیم به میزان کمتری افزایش یافت (کراکمار و همکاران ۲۰۰۵) در مطالعه دیگری که روند غلظت عناصر معدنی در مادران و بره‌های تیمار شده با مکمل معدنی کلسیم و منیزیم بررسی شد، مشخص گردید که افزودن مواد معدنی نظیر کلسیم و منیزیم به جیره مادران تأثیری بر غلظت کلسیم، منیزیوم، فسفر، و کلر در شیر آن‌ها نداشت و تفاوت معنی داری بین دو گروه تغذیه‌ای مشاهده نشد. با این وجود بین غلظت این عناصر تحت تأثیر پیشرفت شیرواری قرار گرفت و از بین زمان‌های نمونه‌برداری هفته دوم دارای بیشترین غلظت بود (عطاءالهی و همکاران ۲۰۱۸). این محققین نشان دادند غلظت کلسیم، فسفر، و سدیم، بره‌های این مادران نیز تحت تأثیر مکمل مواد معدنی قرار نگرفت و تنها منیزیم در خون بره‌های هر دو گروه تفاوت داشت. با این وجود غلظت این عناصر با رشد بره‌ها در طول هفته‌های آزمایشی تغییرات معنی داری را نشان دادند (عطاءالهی و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضرضمن بیان این نقیصه که غلظت این عناصر در آغوز و شیر دام‌های مورد مطالعه اندازه گیری نگردید، می‌توان بر اساس نتایج دیگر مطالعات (عطاءالهی و همکاران ۲۰۱۸) چنین استنباط کرد که غلظت مواد معدنی آغوز و شیر چندان تحت تأثیر رژیم غذایی مادران قرار نگرفته که نتیجه آن نیز در عدم تغییر غلظت این عناصر در خون بره‌های مادران هر دو گروه شاهد و محدودیت خوراکی نیز منعکس شده است. مطالعات دیگری نیز عدم تأثیر پذیری برخی ازعناصر نظیر سدیم و پتاسیم خون در نشخوارکنندگان را مستقل از غلظت آن‌ها در جیره نشان داده است و مشخص شده غلظت برخی از آن‌ها نظیر سدیم و پتاسیم عمدتاً با دفع آن‌ها از طریق کلیه‌ها تعیین می‌شود (هو و مورفی ۲۰۰۴). تغییر در غلظت مواد معدنی خون بره‌ها چه در ۷۲ ساعت اولیه بعد از تولد و چه به‌صورت هفتگی تا پایان دوره آزمایش نشان‌دهنده بروز برخی از تغییرات فیزیولوژیک بود. این تغییرات احتمالاً به استفاده مواد معدنی در مکانیسم‌های رشد و سازگاری هورمونی که با رشد سریع بره‌ها اتفاق می‌افتد مرتبط است (عطاءالهی و همکاران ۲۰۱۸؛ مک کلور ۲۰۰۴؛ ساتل ۲۰۱۰). این تغییرات نیز با توانایی

برّه‌ها در استفاده از علوفه و مواد غذایی در سنین بالا (هفته سوم به بعد) همانطور که مشاهده شد اتفاق می‌افتد. علاوه بر این با رشد برّه‌ها، در مقایسه با نوزادانی که کاملاً به شیر وابسته هستند، غذای جامد بیش‌تری از جمله علوفه و مواد معدنی مصرف می‌کنند (کنیون و همکاران ۲۰۰۴ و عطاءالهی و همکاران ۲۰۱۸).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این مطالعه محدودیت خوراکی مادران در دوران پیش از زایمان و هم‌چنین دوره پس از زایمان بر غلظت مواد معدنی پرمصرف در پلاسمای برّه‌های آن‌ها معنی‌دار نبود، ولی در زمان‌های نمونه‌گیری تفاوت‌هایی مشاهد شد که نشان می‌دهد با پیشرفت سن برّه‌ها غلظت مواد معدنی بررسی شده تحت تأثیر قرار می‌گیرد; که این امر تا حدودی می‌تواند درنتیجه تأثیر تغییرات متابولیسمی مادران در دوره انتقال باشد. بر مبنای نتایج حاضر چنین استنباط می‌شود که گوسفندان دنبه‌دار از اندوخته انرژی و مواد معدنی بدن خویش در دوران آبستنی باعث حفظ سطوح مناسبی از مواد معدنی در خون برّه‌های خود در ابتدای زایمان و همچنین تأمین آن‌ها از طیق ترشحات پستانی نظیر آغوز و شیر به عملکردهای بهینه آن‌ها تا زمان وابستگی به مادر عمل خواهند کرد. و از زمان مستقل شدن این توانایی به خود برّه‌ها انتقال پیدا کرده که با استفاده از تغذیه علوفه و خوراک مایحتاج مواد معدنی خویش را برای رشد فراهم نمایند. یافته‌های کنونی به درک بهتر اثر محدودیت خوراکی بر متابولیسم مواد معدنی در میش‌های شیرده و برّه‌های آن‌ها کمک کرده و راهکارهای مناسبی برای مدیریت بهتر خوراک و بهبود عملکرد تولیدی در مزارع ارائه می‌دهد. این نتایج به محققان و مدیران مزارع کمک می‌کند که در برنامه‌های تغذیه حیوانات، توجه به عوامل زمانی و فیزیولوژیکی حتی در شرایط محدودیت خوراکی مهم می‌باشد و تأمین مواد معدنی به میزان کافی و توجه به وضعیت تغذیه‌ای در دوره‌های مختلف می‌تواند تاثیر بسزایی در بهبود عملکرد و سلامت کلی گله داشته باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از شرکت سبز باوران نواندیش فارس که در انجام آزمایشات همکاری لازم را داشتند کمال تقدیر و تشکر به‌عمل آورند. همچنین از مهندس میثم سنگین‌آبادی و سرکار خانم مهندس ماهرخ نوری دانشجویان تحصیلات تکمیلی پیشین گروه علوم دامی دانشگاه یاسوج که در اجرای مطالعه و جمع‌آوری نمونه همکاری نمودند کمال تشکر و سپاس را به عمل آورند.

منابع مورد استفاده

Alturiqi AS and Albedair LA, 2012. Evaluation of some heavy metals in certain fish, meat and meat products in Saudi Arabian markets. The Egyptian Journal of Aquatic Research 38: 45-49.

Ataollahi F, Friend M, McGrath S, Dutton G, Peters A and Bhanugopan M, 2018. Effect of calcium and magnesium supplementation on minerals profile, immune responses, and energy profile of ewes and their lambs. Livestock Science 217: 167-173.

Grace ND, 1983. The mineral requirements of grazing ruminants. New Zealand: New Zealand Society of Animal Production.

Haenlein GFW and Anke M, 2011. Mineral and trace element research in goats: A review. Small Ruminant Research 95: 2-19.

Hashemi M, Zamiri MJ and Safdarian M, 2008. Effects of nutritional level during late pregnancy on colostral production and blood immunoglobulin levels of Karakul ewes and their lambs. Small Ruminant Research 75: 204-209.

Hernandez-Castellano, LE, Hernandez LL, Sauerwein H and Bruckmaier RM, 2017. Endocrine and metabolic changes in transition dairy cows are affected by prepartum infusions of a serotonin precursor. Journal of Dairy Science 100: 5050-5057.

Hu W and Murphy MR, 2004. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: A meta-analysis. Journal of Dairy Science 87:2222-9. doi: 10.3168/jds.S0022-

0302(04)70042-9.
Ingvartsen KL, 2006. Feeding-and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. Animal Feed Science and Technology 126: 175-213.
Jenkinson CMC, Earl AK, Kenyon PR and Blair HT, 2012. Effects of maternal nutrition during pregnancy on fetal growth and maternal constraint in sheep. Animal Production Science 52: 524-532.
Kenyon PR, Morel PC H and Morris ST, 2004. Effect of liveweight and condition score of ewes at mating, and shearing mid-pregnancy, on birthweights and growth rates of twin lambs to weaning. New Zealand Veterinary Journal 52: 145-149. doi: 10.1080/00480169.2004.36419.
Khan ZI, Ashraf M, Ahmad K, Valeem EE and McDowell LR, 2009. Mineral status of forage and its relationship with that of plasma of farm animals in Southern Punjab, akistan. Pakistan Journal of Botany 41: 67-72.
Kráčmar S, Kuchtík J, Baran M, Váradyová Z, Kráčmarová E, Gajdůšek S and Jelínek P, 2005. Dynamics of changes in contents of organic and inorganic substances in sheep colostrum within the first 72 h after parturition. Small Ruminant Research 56: 183–188.
Lee J, Knowles SO and Judson GJ, 2002. Trace-element and vitamin nutrition of grazing sheep. In Sheep nutrition (pp. 285-311). Wallingford UK: CABI Publishing.
Lin KC, Cross HR, Johnson HK, Breidenstein BC, Randecker V and Field RA, 1988. Mineral composition of lamb carcasses from the United States and New Zealand. Meat Science 24: 47-59.
Masters DG and White CL, 1996. Detection and treatment of mineral nutrition problems in grazing sheep. Australian Centre for International Agricultural Research.
McClure S, 2004. Mineral nutrition and its effects on gastrointestinal immune function of sheep. Animal Production Science 43: 1455-1461. doi: 10.1071/EA03002.
McDowell LR, 1985. Nutrition of grazing ruminants in warm climates (p. 443). New York: Academic Press.
McDowell LR, 2003. Minerals in animal and human nutrition. Amsterdam. The Netherlands: Elsevier.
Moniello G, Infascelli F, Pinna W and Camboni G, 2005. Mineral requirements of dairy sheep. Italian Journal of Animal Science 4:63-74.
Norgaard JV, Nielsen MO, Theil PK, Sørensen MT, Safayi S and Sejrsen K, 2008. Development of mammary glands of fat sheep submitted to restricted feeding during late pregnancy. Small Ruminant Research 76: 155-165.
Nouri M, Zarrin M, Ahmadpour A, Castro N, González-Cabrera M and Hernandez-Castellano LE, 2023. Feed restriction around parturition does not affect colostrum immunoglobulin G concentration in dairy fat-tailed sheep but does affect performance and blood metabolites in newborn lambs. Journal of Dairy Science 106: 29080-2988. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22505.
Ozcelik R, Bruckmaier RM and Hernandez-Castellano LE, 2017. Prepartum daylight exposure increases serum calcium concentrations in dairy cows at the onset of lactation. Journal of Animal Science 95: 4440-4447.
Ramirez-Perez AH, Buntix SE and Rosiles R, 2000. Effect of breed and age on the voluntary intake and the micromineral status of non-pregnant sheep. II. Micromineral status. Small Ruminant Research 37: 231-42.
Robinson JJ, 1983. Nutrition of the pregnant ewe. Sheep Production 111-131.
Spears JW, 2011. Role of mineral and vitamin status on health of cows and calves. WCDS Advances in Dairy Technology 23: 287-297.
Suttle NF, 2010. Mineral Nutrition of Livestock. Midlothian EH26 0PZ, UK (pp. 595).
Weiss WP, 2017. A 100-Year Review: From ascorbic acid to zinc Mineral and vitamin nutrition of dairy cows. Journal of Dairy Science 100: 10045-10060.
Zarrin M, Sanginabadi M, Nouri M, Ahmadpour A and Hernández-Castellano LE, 2021. Prepartum and postpartum feed restrictions affect blood metabolites and hormones reducing colostrum and milk yields in fat-tailed dairy sheep. Animals 11: 1258.