

ارزیابی ارتباط غلظت سرمی بتا هیدروکسی بوتیرات با شاخص‌های استرس اکسیداتیو، انرژی و ریز مغذی‌ها در شرایط مختلف فیزیولوژیک گاو نژاد هلستاین

• علی قلی رامین (نویسنده مسئول)

استاد گروه بیماری‌های درونی و کلینیکال پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه

• سیامک عصری رضایی

دانشیار گروه بیماری‌های درونی و کلینیکال پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه

• وحید خراشادی‌زاده

دکتری دامپزشکی، گروه بیماری‌های درونی و کلینیکال پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶-۰۸-۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷-۰۲-۱۱

Email: Ali_Ramin75@yahoo.com



چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بررسی ارتباط بین غلظت سرمی بین بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) با گلوکوتائون پراکسیداز (GPX)، تری گلیسرید، کلسترول، گلوکز، مس، روی و آهن است. ۲۳۰ راس گاو از نظر شرایط تولید مثلی به ۳ گروه گاوهای آبستن ۷-۹ ماه، ۲ ماه پس از زایش (ماه آخر شیرواری) انتخاب شدند. دام‌ها از نظر غلظت سرمی BHB، به چهار گروه BHB کمتر از ۰/۸، ۰/۸-۱/۲، ۱/۲-۱/۳۹ و بیشتر از ۱/۴ میلی‌مول در لیتر طبقه‌بندی شدند. میانگین BHB در تمامی دام‌ها ۰/۶۴ میلی‌مول در لیتر بود. مقادیر BHB گاوهای تا ۲ ماه پس از زایش، به‌طور معنی‌داری بیشتر از گاوهای با آبستنی سنگین بود. درصد گاوهای ناسالم ۱۷/۴ و شامل BHB بین ۰/۸-۱/۲، ۱/۴-۱/۲۱ و $>1/4$ به ترتیب ۱۰/۴، ۲/۶ و ۴/۴ بودند. میانگین غلظت سرمی GPX و روی در بین گروه‌های تولید مثلی و BHB برخلاف تری گلیسرید و کلسترول تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. پایین‌ترین غلظت سرمی مس، روی و آهن در گروه آبستنی سنگین بود. مقادیر سرمی مس و آهن در بین گروه‌های تولید مثلی معنی‌دار و براساس گروه‌های BHB معنی‌دار نبودند. میزان BHB گاوهای آبستن $<0/8$ و سالم بودند ولی گروه تازه‌زا دارای BHB $>0/8$ (کتوز تحت‌بالینی و بالینی) بودند. هیچ‌یک از شاخص‌های خون در BHB $>0/8$ معنی‌دار نبودند. BHB با شاخص‌های انرژی در گروه‌های تولید مثلی (بجز گلوکز) همبستگی معنی‌داری نشان داد. هم‌چنین BHB با GPX و مس در گاوهای آبستن و ۲ ماه پس از زایش همبستگی معنی‌دار نشان داد. نتیجه این‌که فراوانی کتوز تحت‌بالینی حدود چهار برابر بالینی بود. مقدار BHB و شاخص‌های انرژی به آبستنی و شیرواری وابستگی داشته اما GPX و ریز مغذی‌ها تحت تاثیر BHB نبودند. BHB با GPX و مس در گروه‌های تولید مثلی مرتبط بودند. نهایتاً افزایش BHB با کاهش مس در دوره پس از زایش همراه بوده که می‌تواند متاثر از همدیگر باشند.

کلمات کلیدی: بتا هیدروکسی بوتیرات، گلوکوتائون پراکسیداز، کتوز، ریز مغذی‌ها، شرایط مختلف فیزیولوژیک، گاو نژاد هلستاین

- Veterinary Researches & Biological Products No 120 pp: 77-88

Evaluation of the correlation of beta hydroxyl butyrate with oxidative stress, energy and trace minerals parameters in dairy cows

By: Ramin, A., Professor, Depar. Internal Medicine and Clinical Pathology, Veterinary college, Urmia University, Urmia, Iran. Asri-Rezaei, S., Associate Professor, Depar. Internal Medicine and Clinical Pathology, Veterinary college, Urmia University, Urmia, Iran. and Khorashadzadeh, V., Vet Graduated, Veterinary college, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: 2017-10-30

Accepted: 2018-05-01

Email: Ali_Ramin75@yahoo.com

The aim of this study was to investigate the relationship between beta hydroxyl butyrate (BHB) with glutathione peroxidase (GPX), triglycerides, cholesterol, glucose, copper, zinc and iron. Based on the reproduction condition, the 230 cows were classified into three groups of 7 to 9 months pregnant cows, 2 months calved cows and from 3 months to the dry period time. Based on the serum BHB concentration, animals were divided into 4 groups of <0.08, 0.81-1.2, 1.21-1.39 and >1.4 mmol/l. Overall mean BHB was 0.64 mmol/l. BHB in cows calved to 2 months were significantly higher than in pregnant cows. The percentages of unhealthy cows was 17.4 including 10.4% with BHB 0.81-1.2, 2.6% with 1.21-1.39 and 4.4% with >1.4 mmol/l. Mean GPX and zinc was not differed among reproduction and BHB groups but triglyceride and cholesterol were differed. The lowest concentrations of copper, zinc and iron were in pregnant cows. Mean minerals among reproduction groups were significant for copper and iron but among BHB groups were not. BHB in pregnant cows were <0.8 mmol/l and were all health while in calved cows and up to dry period cows have had all types of BHB groups including clinical and subclinical ketosis. None of the blood parameters were significant in BHB >0.8 mmol/l. With the exception of glucose, BHB showed correlations with energy parameters in reproduction and BHB groups. BHB showed correlations with GPX and copper in 2 months cow's calved and pregnant cows and with zinc in subclinical ketosis group. In conclusion, the subclinical ketosis was 4 folds of clinical ketosis. BHB concentration and energy parameters were depended on pregnancy and parturition positions, while GPX and trace minerals were not dependent. BHB with GPX and copper were correlated in reproduction groups. Finally, increase in serum BHB could accompany by low copper concentrations probably affects each other after post parturition in cows.

Keyword: Cow, reproduction, BHB, GPX, ketosis, trace minerals

(۲۴)، ۱/۲ (۱۴) و ۱/۴ (۶) میلی‌مول در لیتر BHB را معیار سلامتی قرار داده‌اند که ممکن است بصورت اولیه و با عامل مستقیم کمبود انرژی و یا ثانویه و متعاقب بیماری‌های آبستنی و زایمان پدید آید (۴). آبستنی و شیرواری همراه با کمبود انرژی و کمبود ریزمغذی‌ها از جمله مس، روی و آهن بوده که گاهاً با علائم مشابه کم‌خونی، سقط، کاهش شیر و اختلالات عصبی در آبستنی و زایمان تظاهر پیدا می‌کند. لذا فرضیه بر این است که تعیین غلظت سرمی ریزمغذی‌های مذکور و ارتباط آن با BHB می‌تواند معیاری در راستای تأثیرپذیری و همبستگی بین آنها از یکدیگر باشد (۲۵، ۹)

رشد طبیعی جنین و تولید آغوز مصرف بالای انرژی و ریزمغذی‌ها را به همراه دارد. در این رابطه کاهش اشتها و عدم تغذیه کافی سبب کمبود دریافت انرژی و ریزمغذی‌ها شده، که در دراز مدت سبب فراخوانی چربی‌ها و افزایش BHB خواهد شد (۴). گزارشات نشان می‌دهند که علی‌رغم اهمیت مس در کنترل سیستم هموستاز خون، سطح سرمی

مقدمه

کتوز بیماری متابولیکی منتج از تعادل منفی انرژی در انتهای آبستنی، متعاقب زایمان و شیرواری است که با تجمع اجسام ستونی در خون، ادرار و شیر همراه است (۱۶). بیماری با کاهش گلوکز خون و گلیکوژن کبد توام بوده در گاو با استوفا و در میش با مسمومیت آبستنی شناخته می‌شود. بیماری از نظر اقتصادی با سقط جنین در میش‌ها، و افت تولید شیر و حذف در گاوها همراه است. کتوز تحت‌بالینی بر خلاف شکل بالینی آن (اولیه یا ثانویه) بدون علائم درمانگاهی است (۲۱). بروز توام کتوز با کمبودهای ریزمغذی‌ها مانند مس، روی و آهن در انتهای آبستنی و ابتدای شیرواری علاوه بر بروز تشدید علائم، امر تشخیص را مشکل نموده است (۲۵). لذا تأثیرگذاری آنها بر یکدیگر و یا مستقل بودن آنها تشخیص، پیشگیری و درمان را تسهیل خواهد نمود. ارزیابی وضعیت BHB خون و تعیین ارتباط آن با علائم بالینی کتوز عموماً با ارزش تشخیصی همراه است. محققان مقادیر ۰/۸ (۱۹)، ۱ (۶)،

ماه زایمان کرده باشند. لذا ممکن بود که دام‌های ۶-۳ ماه زایمان کرده آبتن یا غیرآبتن باشند. در مجموع از تعداد ۱۶ گاوداری نمونه خون بعمل آمد. حدود ۵ میلی‌لیتر خون از ورید وداج توسط سروسون ۱۸ بلند خون‌گیری و در لوله آزمایش جمع آوری تا جهت جداسازی سرم و ارزیابی شاخص‌ها بکار رود. بعد از لخته شدن، نمونه‌های خون به مدت ۳۰ دقیقه، در دور ۲۵۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده سپس سرم‌ها جدا و تا زمان آزمایش در دمای ۱۹- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

ارزیابی نمونه‌ها

بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB)

میزان BHB سرم به وسیله کیت RANBUT ساخت شرکت Randox کشور انگلستان (Randox laboratories LTD., Ardmore, Diamond) در ۲۹ Road, Crumlin, (Co. Antrim, United Kingdom, BT) در طول موج ۳۴۰ نانومتر و دمای آزمایش ۳۷ درجه سانتی‌گراد با روش اسپکتروفتومتری بوسیله دستگاه اتو آنالیزر (Technicon RA-1500) و بر حسب میلی‌مول در لیتر ارزیابی شد. مکانیسم عمل بر اساس اکسیداسیون D-۳-هیدروکسی بوتیرات به استواسات در مجاورت ۳-هیدروکسی بوتیرات دهیدروژناز است. همزمان با اکسیداسیون، کوآنزیم NAD⁺ به NADH احیا می‌گردد و از میزان افزایش جذب نور می‌توان مستقیماً غلظت D-۳-هیدروکسی بوتیرات را به عنوان میزان BHB در نمونه ثبت نمود.

گلوکاتایون پراکسیداز (GPX)

سرم به روش آنزیمی با استفاده از کیت بایورکس فارس در طول موج ۳۴۰ نانومتر در دستگاه اتو آنالیزر (Technicon RA-1500) اندازه‌گیری شد. مکانیسم بدین صورت است که GPX واکنش اکسیداسیون گلوکاتایون را توسط cumene hydroperoxide کاتالیز می‌کند. گلوکاتایون اکسید شده بلافاصله در حضور آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز (GR) و NADPH به فرم احیا تبدیل و همزمان با این واکنش NADPH نیز به NADPH⁺ اکسید می‌شود. کوآنزیم NADPH در طول موج ۳۴۰ دارای ماکزیمم جذب است و بنابراین جذب نور بطور غیرمستقیم نشانگر فعالیت GPX خواهد شد که بر حسب گرم در واحد هموگلوبین تعیین شد.

گلوکز

گلوکز سرم به روش آنزیمی با استفاده از کیت تجاری پارس آزمون در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اتو آنالیزر (Technicon RA-1500) اندازه‌گیری شد. مکانیسم در روش GOD/PAP بدین صورت است که گلوکز موجود در نمونه خون تحت تاثیر گلوکز اکسیداز تولید گلوکونیک اسید و آب اکسیژنه می‌کند که در حضور پراکسیداز با ۴-آمینو آنتی‌پیرین و فنل تولید رنگ قرمز کینومین می‌نماید. شدت رنگ متناسب با مقدار گلوکز بوده و بر حسب میلی‌گرم در دسی‌لیتر تعیین شد.

تری‌گلسیرید

تری‌گلسیرید با استفاده از کیت تجاری پارس آزمون به وسیله روش آنزیمی-کالریمتری (GPO-PAP) در دستگاه اتو آنالیزر (Technicon)

سایر ریز مغذی‌های ریز مغذی‌هایی همانند روی و آهن خون نیز در انتهای آبتنی، زایمان و اوایل شیرورای کاهش می‌یابد و از طریق ایجاد افزایش استرس و آسیب‌های اکسیداتیو سبب تشدید اثرات کمبود انرژی و نهایتاً کتوز می‌گردد (۹). محققان از تاثیر آبتنی بر میزان مس سرم و متالوآنزیم‌های آن و تاثیرگذاری کمبود مس و سایر ریز مغذی‌ها بر میزان انرژی درخواستی و استرس اکسیداتیو (۹) صحبت نموده در صورتی که از ارتباط بین اجسام ستونی در مقیاس‌های متفاوت با ریز مغذی‌های مس، آهن و روی به همراه تاثیر استرس اکسیداتیو در پس از زایمان و شیرورای اطلاعات محدودی وجود داشته و نیازمند بررسی و ارزیابی‌های بیشتری است. اهداف این مطالعه عبارتند از: ۱- تعیین مقادیر سرمی BHB، GPX، تری‌گلسیرید، کلسترول، گلوکز، مس، روی و آهن در گاوهای دو ماه پس از زایش. ۲- ارزیابی همبستگی بین BHB با شاخص‌های استرس اکسیداتیو، انرژی و ریز مغذی‌ها در گاوهای با شرایط فیزیولوژیک آبتنی، زایمان و شیرورای.

مواد و روش کار

مشخصات دام‌ها و روش تهیه نمونه

دام‌ها از دو دیدگاه مورد مطالعه قرار گرفتند گروه‌بندی اول: از دیدگاه وضعیت فیزیولوژیک تعداد ۲۳۰ راس گاو ماده هلشتاین با دامنه سنی ۳ تا ۵ سال، وزن ۳۵۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم، وضعیت بدنی نرمال (نزدیک ۳ از ۵) و بین ۲ تا ۳ شکم زایش انتخاب و در سه گروه تولیدمثلی تقسیم شدند. کمترین نمره وضعیت بدنی و شرایط بدنی گاوها در ۳ ماه پس از زایش تا آغاز دوره خشکی و بیشترین آن، انتهای آبتنی بود. گروه اول شامل تعداد ۶۷ راس گاو دو ماه پس از زایش (از زمان زایمان تا دو ماه پس از شروع شیرورای تحت عنوان گاوهای پرتولید)، گروه دوم تعداد ۱۲۹ راس گاو از ۳ تا آغاز دوره خشکی (گاوهای متوسط و کم تولید از زمان سوم شیرورای تا زمان دوره خشکی) و گروه سوم تعداد ۳۴ راس گاو ۷ تا ۹ ماه آبتن (آبتنی سنگین) انتخاب شدند گروه‌بندی دوم: از دیدگاه غلظت سرمی BHB گاوها به ۴ گروه شامل کمتر از ۰/۸، به عنوان گاوهای سالم، ۰/۸۱-۱/۲، ۱/۴-۱/۲۱ و بالای ۱/۴ میلی‌مول در لیتر به ترتیب به عنوان گاوهای مشکوک، مبتلا به کتوز تحت‌بالینی و بالینی و در ۳ وضعیت تولیدمثلی GPX، شاخص‌های انرژی و ریز مغذی‌های خون مقایسه شدند.

غالب نمونه‌های خون از گاوهای گاوداری‌های نیمه‌صنعتی با جیره مشخص علوفه و کنسانتره که در حومه ارومیه مستقر بودند تهیه شدند. یکی از محاسن نمونه‌گیری از گله‌های متفاوت ارزیابی مقایسه‌ای گله‌های و تعیین اختلاف بین آن‌ها می‌تواند باشد که نسبت به مطالعه بر یک واحد اولویت دارد. تعداد معدودی نیز از گاوهای هلشتاین ارجاع شده از گاوداری‌های نیمه‌صنعتی و سنتی به درمانگاه تهیه شدند. گاوها بر اساس وضعیت تولیدمثلی از علوفه و کنسانتره تغذیه می‌شدند. اطلاعات تولیدمثلی بر اساس پرونده گاوها و گاوداری‌ها بود. خون‌گیری‌ها در وعده صبح انجام شدند. در مراجعه به گاوداری‌ها تلاش گردید که از هر سه گروه تولیدمثلی مورد مطالعه بدین ترتیب نمونه‌گیری انجام گیرد که یک راس آبتن سنگین، ۲ راس تا ۲ ماه زایمان کرده و ۴ راس بین ۳ تا ۶

روی و آهن بصورت دامها انجام گردید.

نتایج

میانگین کلی غلظت سرمی BHB گاوها ۰/۶۴ و دامنه از ۰/۱۲ تا ۴/۱ میلی‌مول در لیتر متغیر بود. مقادیر BHB در گاوهای دوماه پس از زایش نموده بیشتر از بقیه بود ($p < ۰/۰۵$). گاوهای سالم با BHB کمتر از ۰/۸ حدود ۸۲/۶ درصد و مریض با BHB بالای ۰/۸ میلی‌مول در لیتر ۱۷/۴ درصد بودند. فراوانی گاوهای با کتوز تحت‌بالیینی یا مقیاس BHB بین ۰/۸-۱/۲ و ۱/۴-۱/۲۱ به ترتیب ۱۰/۴ درصد و ۲/۶ درصد و بالینی بالای ۱/۴ میلی‌مول در لیتر BHB ۴/۴ درصد بود. تعداد ۱۳ درصد گاوها به کتوز تحت‌بالیینی و ۴/۴ درصد بالینی مبتلا بودند. میانگین BHB در گاوهای دو ماه پس از زایش نموده بطور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) بیشتر از گاوهای ۳-۶ زایمان کرده و ۷-۹ ماه آبستن بود (جدول ۱).

میانگین GPX در گاوهای گروه‌های ۳ گانه و BHB با یکدیگر مشابه بوده و تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۱). مقادیر شاخص‌های انرژی در گروه‌های ۳ گانه برای تری‌گلیسیرید و کلسترول معنی‌دار و براساس BHB برای همه شاخص‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). مقادیر ریزمغذی‌ها در گروه‌های ۳ گانه برای مس و آهن معنی‌دار و براساس BHB برای هیچ شاخصی از نظر آماری معنی‌دار نبود. کمترین میزان غلظت سرمی مس، روی و آهن در گروه گاوهای آبستن سنگین بود (جدول ۱).

بر اساس نتایج جدول ۲، مقدار BHB گاوهای ۲ تا ۳ ماه و ۳-۶ ماه پس از زایش دارای مقادیر ۰/۸ تا بالای ۱/۴ میلی‌مول در لیتر بودند (سالم و ناسالم) ولی گاوهای آبستن سنگین همگی کمتر از ۰/۸ میلی‌مول در لیتر BHB داشته و سالم بودند. مقایسه میانگین شاخص‌های خون بر اساس BHB در گاوهای با وضعیت تولیدمثلی بیانگر تفاوت معنی‌دار در تری‌گلیسیرید، مس و آهن در BHB کمتر از ۰/۸ میلی‌مول در لیتر بود در صورتی‌که برای هیچ یک از شاخص‌های خون در BHB بالای ۰/۸ میلی‌مول در لیتر معنی‌دار نبود (جدول ۴).

بین BHB با شاخص‌های خون در مجموع نمونه‌ها و گاوهای سالم ارتباط مشابهی وجود داشت و محدود به شاخص‌های انرژی می‌شد (جدول ۵) در صورتی‌که ارتباط BHB با شاخص‌ها معکوس بوده و در کتوز بالینی محدود به کلسترول می‌شود. غلظت BHB بر اساس وضعیت تولیدمثلی (بجز گلوکز در گاوهای آبستن) با شاخص‌های انرژی همبستگی را نشان داد. BHB با مس و GPX در گاوهای آبستن و روی در کتوز تحت‌بالیینی مرتبط بود. بین BHB با شاخص‌های انرژی در کتوز تحت‌بالیینی و بالینی ارتباط موجود بود ولی با شاخص‌های ریزمغذی‌ها مرتبط نبودند.

بحث

غلظت BHB خون گاوها از منابع ذکر شده (۴) اندکی زیاد اما در دامنه تعریف شده توسط محققین (۰/۸ میلی‌مول در لیتر) قرار داشته و هم‌خوانی دارد (۱۹). تعداد ۱۳ درصد گاوها ابتدا به فرم تحت‌بالیینی را نشان دادند که کمتر از یافته‌های راک در سال ۲۰۰۰ است (۱۹). تعیین سقف معمول غلظت سرمی BHB برای کتوز تحت‌بالیینی و بالینی توسط گزارش محققین متنوع بوده و بستگی به شرایط محیطی، کم و کیف

RA-۱۵۰۰) اندازه‌گیری شد. تحت اثر آنزیم لیپوپروتین لیپاز بر روی تری‌گلیسیرید گلیسرول آزاد می‌شود و طی یکسری از واکنش‌های پی در پی پراکسید هیدروژن آزاد شده با فنل و ۴-آمینو آنتی پیرین در حضور پراکسیداز تشکیل ترکیب رنگی کینونیمین می‌دهد. میزان تشکیل این ترکیب رنگی با میزان تری‌گلیسیرید موجود در نمونه رابطه مستقیم دارد که به صورت فتو متریک بوده و برحسب میلی‌گرم در دسی‌لیتر تعیین شد.

کلسترول

کلسترول با استفاده از کیت تجاری پارس آزمون ایران و روش آنزیمی کالریمتری (CHOD-PAP) در دستگاه اتو آنالیزر (Technicon RA-۱۵۰۰) اندازه‌گیری شد. روش کار مشابه تری‌گلیسیرید بوده و برحسب میلی‌گرم در دسی‌لیتر تعیین شد.

مس

مس به روش کالریمتری ۳،۵-Di-Br-PAESA در دستگاه اتوآنالیزر (Technicon RA-۱۰۰۰، USA) و کیت تجاری مس شرکت بایورکس فارس انجام گرفت. مس در حضور یک بافر در PH اسیدی از سرولوپلاسمین و آلبومین جدا شده و با ماده‌ای بنام ۳،۵-Di-Br-PAESA ترکیب می‌شود. طول موج ۵۹۵ نانومتر بوده و برحسب میکروگرم در دسی‌لیتر تعیین شد.

روی

روی در دستگاه اتوآنالیزر (Technicon RA-۱۰۰۰، USA) و با استفاده از کیت تجاری روی شرکت بایورکس فارس انجام گرفت. روی بوسیله یک کمپلکسانت ویژه بنام: ۵-Br-PAPS-۲-pyridylaze-۲-bromo-۲-phenol)-۵-[N-Propyl-N-sulfo-Propylamino] فراوری می‌شود که یک کمپلکس رنگی پایدار بوده و شدت رنگ در ارتباط با مقدار روی نمونه است. تداخل با الیگو‌المنت‌ها (مثل آهن و مس و کبالت) موجود در نمونه بوسیله مصرف عامل پوشاننده ویژه پاکسازی می‌شود. طول موج ۵۶۰ نانومتر بوده و برحسب میکروگرم در دسی‌لیتر تعیین شد.

آهن

آهن در دستگاه اتوآنالیزر (Technicon RA-۱۰۰۰، USA) و با استفاده از کیت تجاری آهن شرکت بایورکس فارس بروش فتومتریک با استفاده از Ferene انجام گرفت. طول موج ۶۰۰ نانومتر بوده و برحسب میکروگرم در دسی‌لیتر تعیین شد.

روش آنالیز آماری

از برنامه آماری SPSS^{۱۷} نسخه شماره ۱۷ (تحت ویندوز آمریکا) و آزمون‌های Case Summaries برای تعیین میانگین، انحراف از معیار و دامنه شاخص‌ها استفاده شد. از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) برای مقایسه میانگین شاخص‌های GPX، BHB، مس، روی و آهن در گروه‌بندی با دیدگاه شرایط مختلف فیزیولوژیک و گروه‌بندی از دیدگاه غلظت سرمی BHB استفاده شد. از آنالیز همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) برای تعیین همبستگی BHB با GPX و ریزمغذی‌های مس،

به هر حال اولاً محققان تاثیرگذاری شاخص‌های استرس اکسیداتیو و ریزمغذی‌ها را در بروز کتوز تحت بالینی مهم ارزیابی کرده (۳) که با نتایج این مطالعه که میزان GPX با افزایش BHB در گروه گاوهای آبستن افزایش داشت همخوانی دارد (جدول ۵، $T=0/34$) کاهش داشت مغایرت دارد. ثانیاً همین محققان بین BHB با ریزمغذی‌های مس، روی و آهن همبستگی را گزارش نکرده‌اند ولی در این مطالعه بین BHB با مس در ۲ ماه پس از زایمان همبستگی منفی بوده که همچنان با نتایج دیگران مطابقت نداشته و مستلزم تحقیقات تکمیل و تأییدی است (۲، ۲۴).

مقادیر تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز با منابع (۴) منطبق بوده و در دامنه استاندارد قرار دارند مقدار گلوکز در ۲ ماه پس از زایمان کمتر از گاوهای آبستن و تری‌گلیسرید و کلسترول بیشتر بودند که می‌تواند در ارتباط با میزان BHB و کتوز تحت بالینی باشد. از آنجایی‌که در دوره انتقالی گلوکز یکی از مهم‌ترین شاخص انرژی است نتواند نیاز بدن را تامین کند ذخایر چربی وارد سیکل متابولیک شده و اجسام ستونی افزایش خواهند یافت که رابطه منفی را همانند این مطالعه نشان می‌دهد. گلوکز با افزایش BHB کاهش ۳۰ درصد را نشان داد (همبستگی منفی) که به همین میزان تری‌گلیسرید و کلسترول افزایش یافتند که نشان از همبستگی مثبت BHB با شاخص‌های انرژی است (۱۵). نتایج مشابه توسط جسی و همکاران (۷)، پادبلا و همکاران (۱۷) گزارش شده‌اند. نافکوف و همکاران (۱۳) اهمیت کاهش گلوکز و انسولین را در کتوز و کبد چرب تشریح کرده که تجویز گلوکاگن در رفع این نقیصه مفید بود. جسی و همکاران (۸) ذکر می‌کنند که مقدار زیادی از انرژی برای فعالیت بافت‌ها، مغز، جنین و شیر ضروری است. بنابراین محدودیت انرژی سبب جایگزینی چربی‌ها شده، تری‌گلیسرید در کبد و خون افزایش می‌یابد و برخی از اسیدهای چرب به اجسام کتونی تبدیل شوند. تجمع چربی در سلول‌های کبدی باعث افزایش تری‌گلیسرید کبد، کاهش فعالیت کبد و عملکرد سلول‌های آن برای تولید گلوکز و پروتئین خواهد شد (۸).

میانگین مس و آهن سرم با گزارش عموغلی و همکاران (۲) مطابقت داشت ولی روی کمتر بود. همچنین مقادیر ریزمغذی‌های فوق از نتایج کانستیبیل و همکاران (۴) بیشتر بود. نقش مس در اکسیداسیون بافت‌ها حیاتی بوده و سیتوکروم اکسیداز از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های مس است. آهن نیز از ریز مغذی‌های مهم و اساسی در خونسازی بدن است. روی در شیمی آنزیمی، سنتز پروتئین و متابولیسم کربوهیدرات حیاتی بوده لذا ماحصل کاهش آن‌ها با اختلالاتی توأم خواهد بود که اولاً در رشد، تولید و تولیدمثل تاثیر خواهد داشت ثانیاً علائم آن‌ها در پس از زایمان با کتوز همراه بوده که می‌تواند در تشخیص و تاثیرگذاری بر یکدیگر مشکل ایجاد کند (۴). در این مطالعه با تغییرات BHB میزان سرمی روی تغییر معنی‌داری نیافت ولی میزان سرمی مس در ۲ ماه پس از زایمان و با افزایش BHB بصورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱ و ۲) که یکی از علل آن علاوه بر مصرف مس برای رشد جنین در طی دوران آبستنی مصرف مس برای تامین آنتی‌اکسیدان‌های بدن بوده است ($T=0/28$). میزان آهن متغیر به پایین بود که احتمالاً تاثیرناپذیری ریزمغذی‌ها را از تغییرات BHB و نهایتاً کتوز تحت‌بالینی و یا برعکس نشان می‌دهد. محققان کاهش ریزمغذی‌ها را در آبستنی، زایمان و شیردهی در گاو نشان داده‌اند (۲، ۹) که احتمالاً بعلا کاهش اشتها در آبستنی، انتقال

غذا، فعالیت فلور گوارش، شرایط فیزیولوژیک مختلف دارد. بنابراین سقف BHB $0/7$ تا $1/7$ میلی‌مول در لیتر را برای کتوز تحت بالینی بیان کرده‌اند. راک در سال ۲۰۰۰ (۱۹) برش $0/8$ ، ویتاکر و همکاران (۲۴) آستانه ۱، گیشوزر و همکاران (۶)، پادبلا و همکاران (۱۷) مرز $1/2$ ، دافیلد و همکاران (۶) برش $1/4$ ، راواشده و همکاران (۱) و کانستیبیل و همکاران (۴) آستانه $1/7$ میلی‌مول در لیتر را به عنوان کتوز تحت بالینی ثبت کرده‌اند.

بر اساس یافته‌های محققان مرز BHB در دامداری‌های صنعتی و پیشرفته با مدیریت مطلوب تا $1/7$ میلی‌مول در لیتر است (۶). علت بالا بودن مرز BHB احتمالاً تحمل تغذیه گاوها با غذای پرانرژی و هیدروکربنه بوده و لاجرم در مقابل بروز علائم درمانگاهی کتوز مقاومت نشان می‌دهند در صورتیکه در نقاط کم پیشرفته نیمه‌صنعتی و بومی یا سنتی جهان با مدیریت ضعیف یا سنتی کمتر از ۱ میلی‌مول در لیتر را معیار بیماری بیان می‌کنند (۱۹) که علت آن عدم عادت و تحمل به تغذیه با جیره‌های پرانرژی است. بر همین اساس در مطالعه حاضر ۴ آستانه از BHB اعمال گردید که در آستانه کم حداکثر ۱۳ درصد تحت بالینی بوده که می‌تواند معقول باشد اما فرم بالینی تا $4/4$ درصد زیاد بوده که مهم‌ترین عامل آن نمونه‌های اخذ شده از درمانگاه دامپزشکی بوده و چون در بازه ۲ ماه پس از زایش بودند یا بشکل اولیه و یا ثانویه و متعاقب سایر بیماری‌ها کتوز بالینی را نشان دادند. بعبارت بهتر اولاً بااستثناء یک مورد تمامی گاوهای با BHB $1/4 >$ میلی‌مول در لیتر را گاوهای ارجاعی به درمانگاه نشان داده و غالب موارد تحت بالینی با BHB $0/8 <$ میلی‌مول در لیتر متعلق به گاوهای نیمه‌صنعتی و متراکم بود.

نتایج ارزیابی BHB براساس گروه‌بندی تولیدمثلی نشان داد که اشکال کتوز تحت بالینی و بالینی در گاوهای تازه زایمان کرده تا ۲ ماه بیشتر از ۳-۶ ماه زایمان کرده بود (۴). بعبارت بهتر BHB گاوهای آبستن $0/8 <$ میلی‌مول در لیتر و همگی سالم بودند که قابل پیش‌بینی است. فراوانی وقوع کتوز تحت‌بالینی در گاوهای جهان از ۱۲ تا ۲۰ درصد توسط دافیلد و همکاران (۶)، اوتزل و همکاران (۱۵) و در ایران از $5/5$ تا ۱۸ درصد توسط عموغلی و همکاران (۲) گزارش شده است که در مقایسه با ۱۳ درصد کتوز تحت بالینی هم‌خوانی داشته ولی برای فرم بالینی زیاد است. بالاترین مقدار GPX در گاوهای آبستن مشاهده شد. استرس اکسیداتیو که برجسته‌ترین نماد آن GPX است تحت شرایط ازدیاد اکسید و پراکسیدها، ناکافی بودن آنتی‌اکسیدان‌ها و یا تلفیقی از آن‌ها در انتهای آبستنی، اوایل زایمان و شیردهی بروز می‌کند (۲۲) در انتهای آبستنی اشتها کاهش می‌یابد و اخذ غذا خصوصاً ریزمغذی‌های مس، روی و آهن که از علل مستعد در ایجاد استرس اکسیداتیو هستند احتمالاً کاهش می‌یابد (۸). سرانجام استرس اکسیداتیو که با افزایش GPX همراه است در اوایل زایمان و شیردهی گاو را به کتوز تحت‌بالینی مستعد می‌کند (۲۷). نظریه فوق با یافته این مطالعه که بین BHB و GPX در گاوهای آبستن همبستگی مثبت نشان داد هم‌خوانی دارد. در این مطالعه مقادیر GPX در بین گروه‌های زایمانی و آبستن تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند در صورتی که بر اساس یافته‌های دیگران بایستی در آخر آبستنی و اوایل زایمان افزایش چشمگیری را نشان می‌داد (۸) که احتمالاً یکی از علل این اختلاف، نمونه‌گیری از واحدهای مختلف گاوداری می‌تواند باشد.

در دام‌های با کتوز تحت‌بالینی اگر کمبود مس یا روی اتفاق بیافتد دو مقوله کاملاً مجزا بوده و هر کدام بصورت مجزا بر اساس تقدم و تاخر و بروز علائم بالینی بایستی درمان شوند. نتایج مشابه توسط عموغلی و همکاران (۲) در گاو مشاهده می‌شود در صورتی که کریمی و همکاران (۹) کاهش روی را در ارتباط با بروز کتوز تحت‌بالینی گزارش کرده‌اند. همچنین BHB با GPX در هیچ یک از مقادیر BHB رابطه نشان نداد بعبارت بهتر مشاهده رابطه مثبت بین BHB/GPX در گاوهای آبستن ۷-۹ ماهه مبین این است که کتوز تحت‌بالینی و یا بالینی توانایی ایجاد استرس و افزایش GPX را ندارند در صورتیکه تاثیر استرس آبستنی بیشتر از استرس شیردهی نشان داده شد.

نتیجه‌گیری کلی

فراوانی کتوز تحت‌بالینی با BHB > 0.8 میلی‌مول در لیتر حدود $10/4$ درصد و کتوز بالینی با BHB $> 1/4$ حدود $4/4$ درصد در گاوهای زایمان کرده تعیین شدند. گاوهای آبستن دارای BHB < 0.8 بوده و سالم بودند. غلظت سرمی GPX، شاخص‌های انرژی و ریزمغذی‌ها در دامنه طبیعی قرار داشتند. مقادیر BHB و شاخص‌های انرژی به وضعیت آبستنی و زایمان متکی بوده اما GPX و ریزمغذی‌ها با استثناء مس تحت تاثیر BHB، آبستنی و زایمان قرار نداشتند BHB با GPX، آهن و روی مرتبط نبود در صورتی که با گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول و مس در ارتباط بود. ارتباط فوق در گاوهای تا ۲ ماه پس از زایش بود و در گاوهای آبستن خصوصاً ارتباط BHB با گلوکز و تری‌گلیسرید مشاهده نشد. نهایتاً تغییرات BHB در غلظت سرمی GPX، آهن و روی موثر نبوده و مستقل از همدیگر می‌باشند ولی مس تحت تاثیر قرار گرفته و نیاز به تجویز آن در قبل از زایمان و حتی پس از آن باشد

سپاسگزاری

منابع تحقیق حاضر توسط معاونت محترم پژوهشی و تحویلات تکمیلی دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه تامین گردیده که بدینوسیله نهایت تشکر و امتنان را از مسئولین مربوطه داریم.

منابع مورد استفاده

- 1- Al-Rawashdeh, O.F., 1999. Prevalence of ketonemia and associations with herd size, lactation stage, parity, and postparturient diseases in Jordanian dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 40: 117-125.
- 2- Amouoghli Tabrizi B, Hasanpour A, Mousavi G and Hajjalilou H, 2011. Evaluation of Serum Levels of Copper in Holstein Cows and Their Calves During Colostrum Nourishing Middle-East. *Journal of Scientific Research*, 7: 712-714.
- 3- Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N. and Nardone, A. 2005. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88, 2017-2026.

ریزمغذی‌ها به جنین و ورود آنها به پستان جهت تولید آغوز و شیر باشد (۱۲). نتایج فوق با یافته این مطالعه مطابقت می‌کند. کاهش توام روی و مس خصوصاً در آبستنی و زایمان می‌تواند کاهش متابولیسم و باروری و نقص سیستم آنتی‌اکسیدانی را ایجاد کند. کانستیل و همکاران (۴) و پاواتا و همکاران (۱۸) اشاره می‌کنند که میزان روی در آبستنی پایین آمده، سپس در زایمان و شیردهی به وضعیت معمول بر می‌گردد طوری که کاهش مذکور در سخت‌زایی شدیدتر هم می‌شود. بدین معنی که بروز کمبود روی و کتوز در پس از زایمان به یکدیگر مرتبط نیستند. همچنین پایین بودن معنی‌دار مس و آهن این مطالعه در گاوهای آبستن با نتایج کانستیل و همکاران (۴) که کاهش آهن سرم را در آبستنی، خونریزی و عفونت ذکر کرده‌اند مطابقت دارد ولی در پس از زایمان که جزئی کاهش می‌یابد هماهنگ نیست. مطالعات در ارتباط با اختلالات ریزمغذی‌ها در کتوز تحت‌بالینی بصورت مستقیم موجود نیست ولی بصورت غیرمستقیم از طریق تاثیر مس در استرس اکسیداتیو و نقش استرس در بروز کتوز تحت‌بالینی در پس از زایمان وجود دارد (۸). نتیجه مشابه را می‌توان در ارتباط بین GPX و آهن در کتوز تحت‌بالینی تا ۲ ماه پس از زایمان در این مطالعه مشاهده نمود که نقش استرس در کاهش آهن در گاوهای با کتوز تحت‌بالینی را نشان می‌دهد. یافته فوق با گزارش میلیور و همکاران (۹) که اثرگذاری ریزمغذی‌ها را در ایجاد استرس اکسیداتیو ذکر کرده‌اند مطابقت دارد. بدین معنی که کاهش عناصر فوق در غذا سبب افزایش استرس اکسیداتیو شده و افزایش استرس در زایمان و شیردهی گاو را مستعد به کتوز تحت‌بالینی می‌کند (۹).

مقایسه میانگین شاخص‌های خون با مقادیر متفاوت BHB در آبستن و زایمان کرده‌ها نشان داد که تری‌گلیسرید، مس و آهن در گاوهای سالم با BHB < 0.8 میلی‌مول در لیتر متفاوت بود که این نتیجه تاثیرناپذیری شاخص‌های فوق از BHB می‌باشد. بعبارت بهتر BHB با مقدار < 0.8 عادی بوده و افزایشی نداشت تا شاخص‌های خون را تحت تاثیر قرار دهد ولی با افزایش BHB که در گروه زایمان کرده‌ها مشاهده شد میزان شاخص‌های انرژی و ریزمغذی‌ها تغییر معنی‌داری نیافتند در صورتیکه این تغییرات در داخل گروه‌ها با افزایش BHB مشخص و واضح‌تر بود. نتایج این مطالعه با یافته‌های معلم و همکاران (۱۰) در میش و اوزپینا و همکاران (۱۶) در گاو و سجادیان و همکاران (۲۰) در بز خصوصاً با تری‌گلیسرید، گلوکز و کلسترول مطابقت دارد..

نتایج ارتباط بین BHB با شاخص‌های خون در < 0.8 میلی‌مول در لیتر BHB نشان داد که در گاوهای سالم و در حالت معمول، BHB با شاخص‌های انرژی مرتبط است که یا بصورت ارتباط مثبت مانند کلسترول و تری‌گلیسرید و یا منفی مانند گلوکز عمل می‌کنند در صورتیکه با افزایش BHB و کتوز تحت‌بالینی و بالینی با استثناء ارتباط BHB با کلسترول روابط فوق کمتر، ضعیف‌تر، حذف و یا پاشیده می‌شود که می‌تواند یکی از نشانگرهای تشخیص حالت سالم از بیماری باشد. ارتباط منفی بین BHB با گلوکز و مثبت با کلسترول و تری‌گلیسرید بهترین گزینه برای این ادعا هستند. عدم وجود ارتباط بین BHB با ریزمغذی‌ها در گاوهای سالم (< 0.8 میلی‌مول در لیتر) و یا مشاهده ارتباط منفی مس در گاوهای تازه زایمان نموده نیز می‌تواند جنبه تشخیصی داشته باشد. لذا ریزمغذی‌ها به استثناء مس متاثر از تغییرات BHB نخواهند بود بدان معنی که

- 4- Constable, P.D., Hindchcliff, K.W., Done, S.H., Grunberg, W. 2017. Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, sheep, goats, pigs and horses. 11th Edn. London: Baillière Tindall. pp. 1417-1462.
- 5- Duffield, T.F. 2000. Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practices*. 16: 231-253.
- 6- Duffield, T.F. 2004. Monitoring strategies for metabolic disease in transition dairy cows. In: 23rd World Buiatrics Congress. Quebec, Canada, July 11-16. Quebec: *Medecin Veterinaire du Quebec*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103178215>
- 7- Geishausser, T., Leslie K., Tenhag, J, Bashiri, A. 2000. Evaluation of cow-side ketone Tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83: 296-299.
- 8- Jesse, P., Kimura, G. 2002. Metabolic diseases and their effect on immune function and resistance to infectious disease. National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings. PP: 61-72, 88-100. <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/109096/1/Goff.pdf>
- 9- Karimi, N., Mohri, M., Seifi, H., Azizzadeh, M., Heidarpour, M. 2015. Relationships between trace elements, oxidative stress and subclinical ketosis during transition period in dairy cows. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, 7: 46-56.
- 10- Miller, J.K., Brzezinska-Slebodzinska, E. and Madsen, F.C. 1993. Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *Journal of Dairy Science* 76: 2812-2823.
- 11- Moallem, U., Rozov, A., Gootwine, E., Honig, H. 2012. Plasma concentrations of key metabolites and insulin in late-pregnant ewes carrying 1 to 5 fetuses. *Journal of Animal Science*, 90: 318-324.
- 12- Mohammad, M.A., 2009. Mineral status in blood serum of newborn calves in Assiut Governorate. Bs. *Veterinary Medicine Journal* 19, pp. 51-56.
- 13- Nafikov, R.A., Ametaj, B.N., Bobe, G., Koehler, K.J., Young, J.W., Beitz, D.C. 2006. Prevention of fatty liver in transition dairy cows by subcutaneous injections of glucagon. *Journal of Dairy Science*, 89: 1533-1545.
- 14- Nielen, M., Aarts, M.G.A., Jonkers, G.M. 1994. Evaluation of two cow-side tests for the detection of subclinical ketosis in dairy cows. *The Canadian Veterinary Journal* 35: 229-232, 199.
- 15- Oetzel, G.R., 2003. Ketosis and hepatic lipidosis in dairy herds, American association of bovine practitioners, 36 Annual conference, September 15-17, Columbus, OH. PP: 1-19.
- 16- Ospina, P.A., Nydam, D.V., Stokol, T., Overton, T.R. 2010. Evaluation of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *Journal Dairy Science*, 93: 546-554.
- 17- Padilla, L, Ken-ichi, S. Jun, I, Tohru, M., Hideo, Y. 2005. Plasma vitamin C concentration is not related to the incidence of ketosis in dairy cows during the early lactation period. *The Journal of Veterinary medical Science*, 67: 883-886.
- 18- Pavlata, L., Podhorsky, A., Pechova, A., Chomat, P. 2005. Differences in the occurrence of selenium, copper and zinc deficiencies in dairy cows, calves, heifers and bulls. *Veterinary Medicine Czech*, 50: 390-400.
- 19- Rook, J.S. 2000. Pregnancy toxemia of ewes, does, and beef cows. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 16: 293-317.
- 20- Sadjadian, R., Seifi, H.A., Mohri, M., Naserian, A.A., Farzaneh, N. 2013. Variations of energy biochemical metabolites in periparturient dairy Saanen goats. *Comparative Clinical Pathology* 22:449-456.
- 21- Sahoo, S.S., Parta, R.C., Behera, P.C. and Swarup, D. 2009. Oxidative stress indices in the erythrocytes from lactating cows after treatment for subclinical ketosis with antioxidant incorporated in the therapeutic regime. *Veterinary Research Communication*, 33: 281-290.
- 22- Sharma, N., Singh, N.K., Singh, O.P., Pandey, V., Verma, P.K. 2011. Oxidative stress and antioxidant status during transition period in dairy cows. *Asian- Australasian Journal of Animal Science*, 24, 479 - 484.
- 23- Turk, R., Juretic, D., Geres, D., Svetina, A., Turk, N. and Flegar-Mestric, Z. 2008. Influence of oxidative stress and metabolic adaptation on PON1 activity and MDA level in transition dairy cows. *Animal Reproduction Science* 108, 98 – 106.
- 24- Whitaker, D.A., Smith E.J., da Rosa G.O., Kelly J.M. 1993. Some effects of nutrition and management on the fertility of dairy cattle. *The Veterinary Record*, 133: 61-64.
- 25- Zhang, Z., Liu, G., LiLi, X., GuoHongbin, G., Wang, W. 2010. Evaluation of the change of serum copper and zinc concentrations of dairy cows with subclinical ketosis. *Biological Trace Element Research*, 138: 8-12.



جدول ۱- میانگین و انحراف معیار غلظت سرمی شاخص‌های خون گاو در مجموع دام‌ها، گروه بندی از دیدگاه غلظت سرمی BHB و وضعیت تولیدمثلی

شخص	۱BHB	۱GPX	کلیسترول ۲	تری‌گلیسرید ۲	گلوکز ۲	مس ۳	روی ۳	آهن ۳
مجموع دام ها (n=۲۳۰)								
۲ ماه بعد زایمان	۰/۸۷±۰/۰۸ a	۴۰۳۳±۱۴۵ a	۹۸۱۳±۵۲ a	۸۳۱±۰/۸۴ a	۵۸/۱±۱/۲ a	۸۴۲±۲/۸ a	۹۱/۸±۳/۹ a	۱۴۵/۰±۵/۰ a
۳-۶ ماه بعد زایمان	۰/۵۴±۰/۰۳ b	۴۱۷/۸±۱۲/۵ a	۶۷/۱±۲/۸۲ b	۷۲/۱±۱/۲۶ b	۵۹/۳±۰/۸۳ a	۸۸/۲±۲/۱۷ a	۹۳/۴±۲/۶ a	۱۵۶/۱±۳/۷ a
۷-۹ ماه آبستنی	۰/۵۳±۰/۰۳ b	۴۲۴/۰±۱/۹ a	۶۸/۸±۴/۲۵ b	۷۴/۲±۲/۴۰ b	۶۲/۳±۱/۴۲ a	۶۹/۱±۳/۶۵ b	۸۱/۸±۵/۸ a	۱۲۹/۷±۶/۲ b
BHB < ۰/۸ میلی مول در لیتر (گاوهای سالم) (n=۱۹۰)								
۲ ماه بعد زایمان	۰/۵۳±۰/۰۲	۴۳۵/۸±۲/۱۸	۶۷/۴±۳/۷۰	۷۴/۰±۲/۱۰ a	۶۰/۹±۱/۴۰	۹۱/۴±۳/۷ a	۹۳/۸±۵/۵	۱۵۰/۰±۶/۱ a
۳ تا ۶ ماه بعد زایمان	۰/۴۶±۰/۰۱	۴۱۹/۷±۱۳/۴	۵۹/۴±۲/۰۰	۶۹/۸±۱/۲۰ b	۵۹/۶±۰/۸۴	۸۸/۷±۲/۳ a	۹۳/۲±۲/۸	۱۵۶/۵±۴/۰ a
۷ تا ۹ ماه آبستنی	۰/۵۴±۰/۰۳	۴۲۴/۰±۲/۰	۶۸/۸±۴/۲۶	۷۴/۲±۲/۵۰ a	۶۲/۰±۱/۴۰	۶۹/۱±۳/۶ b	۸۱/۸±۵/۸	۱۲۹/۷±۶/۲ b
BHB > ۰/۸ میلی مول در لیتر (گاوهای ناسالم) (n=۴۰)								
۲ ماه بعد زایمان	۱/۳۴±۰/۱۵	۳۵۸/۱±۱۳/۳	۱۴۱/۶±۲/۶۵	۹۵/۷±۱/۰۱	۵۴/۸±۱/۹۹	۷۴/۳±۳/۷	۸۹/۳±۵/۴۵	۱۳۷/۷±۸/۰۳
۳ تا ۶ ماه بعد زایمان	۱/۳۲±۰/۲۴	۳۹۸/۶±۱۳/۴	۱۴۱/۹±۴/۵۳	۹۳/۶±۱/۲۵	۵۴/۶±۳/۳۵	۸۲/۴±۳/۸	۹۵/۶±۶/۴	۱۵۲/۹±۹/۹
BHB بین ۱/۲-۰/۸ میلی مول در لیتر (کتوز تحت‌بالیته) (n=۷۴)								
۲ ماه بعد زایمان	۰/۹۳±۰/۰۲	۳۵۹/۰±۱۹/۲	۱۳۲/۵±۴/۰۰	۹۴/۷±۱/۵۰	۶۰/۵±۱/۴۶	۸۰/۴±۴/۹	۹۲/۳±۶/۲	۱۳۸/۱±۱/۷
۳ تا ۶ ماه بعد زایمان	۰/۹۰±۰/۰۲	۴۱۶/۷±۵۴/۴	۱۳۲/۹±۵/۶۰	۹۳/۷±۱/۷۰	۶۲/۳±۱/۵۰	۸۴/۸±۴/۹	۱۰۲/۱±۸/۶	۱۶۷/۴±۱/۱
BHB بین ۱/۴-۱/۲ میلی مول در لیتر (کتوز تحت‌بالیته) (n=۶)								
۲ ماه بعد زایمان	۱/۲۵±۰/۰۱	۳۵۴/۷±۷/۶	۱۴۶/۴±۱/۹	۹۸/۵±۱/۶۰	۴۹/۷±۱/۸۶	۶۴/۰±۷/۷	۷۵/۶±۶/۲	۱۶۷/۳±۲/۶۹
۳ تا ۶ ماه بعد زایمان	۱/۳۱±۰/۰۴	۳۷۸/۸±۰/۲۰	۱۵۱/۰±۵/۶	۹۴/۴±۲/۳۰	۴۷/۸±۶/۰۰	۷۵/۸±۳/۶	۹۳/۷±۱۳/۸	۱۴۵/۰±۲/۰
BHB > ۱/۴ میلی مول در لیتر (کتوز بالیته) (n=۱۰)								
۲ ماه بعد زایمان	۲/۲۴±۰/۳۸	۳۵۷/۷±۸/۱۲	۱۵۹/۳±۵/۴	۹۶/۸±۰/۹۸	۴۲/۰±۲/۸۳	۶۴/۹±۶/۲	۸۷/۵±۱۴/۰	۱۲۵/۷±۷/۶۸
۳ تا ۶ ماه بعد زایمان	۲/۷۶±۱/۰۷	۳۶۵/۱±۱۵/۹	۱۵۶/۵±۶/۹۶	۹۱/۹±۶/۴۲	۳۸/۰±۵/۰	۸۳/۹±۱۹/۱	۷۵/۴±۲/۳۱	۱۱۴/۶±۱/۶۶
مجموع دام‌ها	۰/۶۴±۰/۰۳	۴۱۴/۵±۸/۸	۷۶/۵±۲/۴۵	۷۵/۶±۱/۱۰	۵۹/۳±۰/۶۳	۸۴/۷±۱/۶۱	۹۱/۲±۲/۰	۱۴۹/۰±۲/۷

۱= میلی مول در لیتر ۲= میکروگرم در دسی لیتر ۳= حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده معنی داری (P < ۰/۰۵) است.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار غلظت سرمی شاخص‌های خون گاوها در شرایط مختلف تولیدمثلی در برش‌های BHB

آهن ۳	روی ۳	مس ۳	گلوکز ۲	تری‌گلیسرید ۲	کلستریول ۲	IGPX	۱BHB	BHB	شاخص
۲ ماه بعد زایمان (n=67)									
۱۵۰/۰±۶۱۰	۹۳/۸±۵۵/۵	۹۱/۴±۳۱/۷	۶۰/۹±۱۱/۴	۷۴/۱±۳۱/۰	۶۷/۴±۳۱/۷	۴۳۵/۸±۲۱/۸	۰/۵۲±۰/۰۲	<۰/۸ میلی‌مول در لیتر	<۰/۸
۱۳۸/۰±۱۱۱/۷	۹۲/۳±۶۲/۰	۸۰/۴±۴۱/۹	۶۰/۶±۱۱/۵	۹۴/۷±۱۵/۰	۱۳۲/۵±۴۱/۰	۴۵۹/۲±۱۹/۲	۰/۹۳±۰/۰۲	۰/۸۱-۱/۲ میلی‌مول در لیتر	۰/۸۱-۱/۲
۱۶۷/۳±۲۶/۹	۷۵/۷±۶۲/۲	۶۴/۰±۳۷/۸	۴۹/۷±۱۹/۰	۹۸/۵±۱۱/۶	۱۴۶/۴±۳۱/۰	۳۵۴/۷±۷/۰/۶	۱/۲۶±۰/۰۱	۱/۲۱-۱/۴ میلی‌مول در لیتر	۱/۲۱-۱/۴
۱۲۵/۷±۷/۰	۸۷/۵±۱۴/۰	۶۵/۰±۶/۰	۴۲/۰±۳/۰	۹۶/۸±۱۹/۰	۱۵۹/۲±۵/۴	۳۵۷/۷±۸/۰	۲/۲۴±۰/۰۳۹	>۱/۴ میلی‌مول در لیتر	>۱/۴
۱۴۴/۸±۴/۹	۹۱/۹±۳/۹	۸۴/۳±۲/۹	۵۸/۰±۱/۲	۸۳/۰±۱/۸	۹۸/۴±۵/۲	۴۰۰/۳±۱۴/۶	۰/۸۶±۰/۰۸	مجموع	مجموع
۳-۶ ماه بعد زایمان (n=۱۲۹)									
۱۵۶/۵±۳/۹	۹۲/۲±۲/۸	۸۸/۷±۲/۴	۵۹/۷±۰/۸۴	۶۹/۸±۱/۲	۵۹/۴±۳/۰	۴۱۹/۷±۱۳/۴	۰/۴۶±۰/۰۱	<۰/۸ میلی‌مول در لیتر	<۰/۸
۱۶۷/۱±۱۱/۰	۱۰۰/۲/۱±۸/۶	۸۴/۸±۴/۹	۶۲/۳±۱۱/۵	۹۴/۰±۱/۷	۱۳۳/۹±۵/۶	۴۱۶/۷±۵۴/۰	۰/۹۰±۰/۰۲	۰/۸۱-۱/۲ میلی‌مول در لیتر	۰/۸۱-۱/۲
۱۴۵/۰±۲۱/۰	۹۳/۷±۱۴/۰	۷۵/۸±۳/۶	۴۷/۸±۶/۰	۹۴/۴±۳/۳	۱۵۱/۰±۵/۶	۳۷۸/۷±۶/۰	۱/۳±۰/۰۴	۱/۳۱-۱/۴ میلی‌مول در لیتر	۱/۳۱-۱/۴
۱۱۴/۶±۱۶/۶	۷۵/۴±۳/۳	۸۳/۹±۱۹/۱	۳۸/۰±۵/۰	۹۲/۰±۶/۴	۱۵۶/۴±۶/۹	۳۵۶/۱±۱۵/۹	۲/۸±۱/۰۷	>۱/۴ میلی‌مول در لیتر	>۱/۴
۱۵۶/۱±۳/۷	۹۳/۴±۲/۶	۸۸/۱±۲/۱	۵۹/۱±۰/۸	۷۲/۰±۱/۳	۶۷/۱±۲/۸	۴۱۷/۸±۱۲/۵	۰/۵۴±۰/۰۳	مجموع	مجموع
۷- ماه آبستنی (n=۳۴)									
۱۳۹/۷±۶/۲	۸۱/۷±۵/۸	۶۹/۸±۳/۷	۶۲/۰±۱/۴	۷۴/۲±۳/۵	۶۸/۸±۴/۳	۴۲۴/۳±۲۱/۸	۰/۵۳±۰/۰۲	<۰/۸ میلی‌مول در لیتر	<۰/۸
۱۳۹/۷±۶/۲	۸۱/۷±۵/۸	۶۹/۸±۳/۷	۶۲/۰±۱/۴	۷۴/۲±۳/۵	۶۸/۸±۴/۳	۴۲۴/۳±۲۱/۸	۰/۵۳±۰/۰۲	مجموع	مجموع

۱= میلی‌مول در لیتر ۲= میلی‌گرم در دسی‌لیتر ۳= میکروگرم در دسی‌لیتر حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده معنی داری ($P < 0.05$) است.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های خون در گا‌های سالم و ناسالم (df=۱)، وضعیت تولیدمثلی (df=۲) و مقادیر BHB (df=۳، n=۲۳۰).

F	Sum Square	F	Sum Square	F	Sum Square	شاخص
مقادیر BHB		اشکال تولیدمثلی		گا‌های سالم و ناسالم		
۱۷۶/۶۲**	۳۷/۹۳	۱۱/۷**	۵/۰۶	۱۷۶/۹**	۲۳/۶۴	BHB
۱/۸۴	۹۶۷۷۵/۳	۰/۳۶	۱۲۸۶۶/۵	۵/۴۴	۹۴۷۴۲/۷	GPX
۱۵۰/۶**	۲۱۱۱۶۶/۲	۱۹/۱**	۴۵۵۷۹/۲	۴۲۴/۳**	۲۰۶۱۳۶/۴	کلسترول
۳۹/۲**	۱۸۴۰۸/۱	۱۲/۸**	۵۴۶۰/۰	۱۱۸/۴**	۱۸۳۷۸/۳	تری‌گلیسرید
۱۹/۴**	۴۲۱۴/۸	۲/۰۱	۳۵۸/۵	۱۴/۳**	۱۲۱۳/۹	گلوکز
۲/۴۰	۴۲۵۷/۹	۸/۶۴**	۹۷۴۸/۱	۴/۷۳*	۲۷۵۱/۷	مس
۰/۳۵	۱۰۱۰/۶	۱/۹۵	۳۶۸۵/۸	۰/۳۵	۱۰۹۱/۵	روی
۱/۴۲	۷۳۲۱/۳	۶/۱۸**	۲۰۳۷۴/۱	۱/۲۷	۲۱۷۹/۲	آهن

P < ۰/۰۵ = *

P < ۰/۰۱ = **

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های خون (F-value) در مقادیر BHB در گا‌های سالم و کتوز تحت بالینی

شاخص	۱ < ۸۰ /mmol/l	۲ > ۰/۸ mmol/l	۱۰/۸۱-۱/۲ mmol/l	۲۰/۸۱-۱/۲ mmol/l	۱ < ۱/۴ mmol/l
GPX	۰/۲۰	۰/۰۱	۱/۶۲	۰/۱	۰/۱۷
کلسترول	۳/۳	۱/۹۶	۰/۱۴	۲/۰۹	۲/۲۸
تری‌گلیسرید	۳/۳۵*	۱/۴۵	۰/۰۴	۰/۶۰	۰/۰۶
گلوکز	۱/۰۶	۰/۰۱	۰/۵۰	۰/۰۸	۰/۴۰
مس	۹/۹**	۱/۷۱	۰/۳۰	۱/۹۰	۱/۶۰
روی	۱/۹	۰/۴۷	۰/۷۷	۱/۴۰	۰/۱۷
آهن	۵/۷**	۱/۲	۲/۱۸	۰/۴۰	۰/۴۱

۲= گروه کتوز تحت بالینی

۱= گروه سالم

P < ۰/۰۱ = **

P < ۰/۰۵ = *

جدول ۵- همبستگی بین غلظت سرمی بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) با شاخص‌های انرژی و ریز مغذی‌ها گاو براساس گروه‌های مورد مطالعه

آهن	روی	مس	گلوکز	کلسترول	تری‌گلیسرید	GPX	تعداد	بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB)
-۰/۱۰	-۰/۰۲	-۰/۱۲	-۰/۳۵**	۰/۷۸**	۰/۶۰**	-۰/۱۱	۲۳۰	مجموع گاوها
۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۰۷	-۰/۱۶*	۰/۹۲**	۰/۸۴**	-۰/۰۲	۱۹۰	<۰/۸ میلی‌مول در لیتر
-۰/۲۱	-۰/۱۱	-۰/۰۲	-۰/۷۱**	۰/۶۸**	۰/۱۱	-۰/۰۴	۴۰	<۰/۸ میلی‌مول در لیتر
-۰/۰۲	-۰/۱۹	-۰/۱۰	-۰/۶۴**	۰/۶۸**	۰/۲۱	-۰/۱۰	۳۰	کتوز تحت بالینی
-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۵۳	-۰/۵۲	۰/۷۸**	-۰/۰۵	-۰/۳۶	۱۰	<۱/۴ میلی‌مول بالینی
-۰/۱۳	-۰/۰۷	-۰/۲۸*	-۰/۵۲**	۰/۷۵**	۰/۵۸**	-۰/۱۹	۶۷	گاوهای ۲ تا ۳ ماه زایمان کرده
-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۲۴**	۰/۷۸**	۰/۵۷**	-۰/۱	۱۲۹	گاوهای ۳-۶ ماه زایمان کرده
-۰/۱۸	۰/۱۸	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۹۰**	۰/۹۰**	۰/۳۴**	۳۴	گاوهای ۷ تا ۹ ماه آبستن

** P = < ۰/۰۱

* P = < ۰/۰۵