فراسنجه های متابولیکی و ارتباط آنها با توازن انرژی در گاوهای سیمنتال، براون سوئیس و هلشتاین چند شکم در دوره پیش از زایمان، تحت تاثیر میزان تامین انرژی قبل و بعد از زایش

چکیده

مطالعه ای برای ارزیابی اثرات سه سطح تامین انرژی (کم، متوسط و زیاد)، هم قبل و هم بعد از زایش و تاثیر آن بر فراسنجه های متابولیکی و توازن انرژی در گاوهای شیری سه نژاد انجام شد. در هر دو مرحله، سطح انرژی به کار رفته برای ۸۱ گاو چند شکم از نژادهای سیمنتال، براون سوئیس و هلشتاین (تعداد ۲۷ راس در هر نژاد)، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد مقدار توصیه شده توسط انجمن فیزیولوژی و تغذیهٔ آلمان بود. طرح آزمایشی، فاکتوریل ۳ ×۳ بود. طی دوره قبل از زایش، مقدار سرمی اسیدهای چرب غیر استریفه (NEFA) برای گاوهای با سطح پایین انرژی قبل از زایش، بالاتر بود و مقدار گلوکز برای گاوهای با سطح بالای انرژی قبل از زایش، افزایش یافت. طی دوره شیردهی، مقدار NEFA برای تیمار با سطح پایین انرژی بعد از زایش، بیشترین بود. مقدار متوسط بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) برای گاوهای تیمار سطح پایین انرژی بعد از زایش بالاترین میزان، در تیمار با سطح متوسط انرژی بعد از زایش، متوسط و در تیمار با سطح بالای انرژی بعد از زایش، کمترین مقدار بود. میزان گلوکز برای گاوهای با سطح پایین انرژی بعد از زایش، پایین تر بود. گاوهای سیمنتال، میزان BHB پایین تری هم قبل و هم بعد از زایش و میزان گلوکز بالاتری طی اوایل شیردهی نسبت به سایر نژادها داشتند. میزان BHB بعد از زایش برای گاوهای براون سوئیس، از همه بالاتر بود. محدودیت غذایی قبل از زایش منجر به وضعیت انرژی بهتر گاوهای تغذیه شده با میزان بالاتر از نیاز انرژی بعد از زایش شد (اثر متقابل انرژی قبل و بعد از زایش). گاوهای هلشتاین، توازن انرژی بالاتری قبل از زایش داشتند در حالی که گاوهای سیمنتال، توازن انرژی منفی کمتری طی اوایل شیردهی در مقایسه با سایر نژادها داشتند. همبستگی میزان NEFA، BHB و گلوکز سرم با توازن انرژی، طی دوره انتقال بیشترین میزان بود. نتایج بیان می کند که کنترل دریافت انرژی در دوره خشکی، مزیتی برای وضعیت انرژی گاوهای شیری بعد از زایش است در حالی که محدودیت انرژی در اوایل شیردهی منجر به تنش اکسیداتیو می شود. شواهد حاکی از ارتباط شفاف بین توازن انرژی و متابولیت های خونی NEFA و BHB به خصوص در دوره انتقال است.

مقدمه

طی دوره انتقال از وضعیت آبستن و غیر شیرده به غیرآبستن و شیرده، متابولیسم گاوهای شیری تحت چالش های زیادی قرار می گیرد. بروز بیماری های عفونی و ناهنجاری های متابولیکی در این دورهٔ نسبتا کوتاه چرخه شیردهی، در بالاترین سطح قرار دارد. قبل از زایش، احتیاجات انرژی به دلیل رشد جنین، افزایش می یابد، در حالی که همزمان، مصرف خوراک کاهش اساسی حول و حوش زایش پیدا می کند. با افزایش نیاز به مواد مغذی برای تولید شیر، به دلیل افزایش آهستهٔ مصرف ماده خشک، گاوهای شیری پر تولید، شروع به فراخوانی ذخایر بدن خود می کنند. اسید چرب غیر استریفه در گردش (NEFA) به عنوان شاخص فراخوانی تری گلیسیرید از بافت چربی عمل می کند، جایی که عمدتا ذخایر انرژی بدن، ذخیره می شوند. به دلیل توازن انرژی منفی در ابتدای شیردهی، فراخوانی چربی بعد از زایش همبستگی با سطوح بالاتر NEFA خون دارد. افزایش میزان اجسام کتونی در خون، نشانگر تنش انرژی و سرعت زیاد

فراخوانی ذخایر بدن در ابتدای شیردهی است. تغذیه در دوره خشکی، نقش مهمی در شدت و مدت فراخوانی چربی و افزایش میزان NEFA دارد. به طور کلی، متابولیت های خون، به عنوان نشانگر وضعیت تغذیه و نیز شیوع بیماری های بعد از زایش در گاوها، مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به ارزیابی توازن انرژی و فراخوانی ذخایر بدن طی دوره شیردهی، NEFA به عنوان بهترین شاخص مشخص می گردد در حالی که بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB)، نشان دهنده تنش متابولیکی بوده و به طور مستقل، بخشی از متابولیسم شکمبه است.

طی دوره خشکی، مقادیر NEFA با افزایش مصرف ماده خشک در مطالعه انجام شده توسط روچ و همکاران (۲۰۰۵) کاهش یافت. مقادیر پایین تر NEFA پلاسما در دوره خشکی نیز وقتی گاوها یا جیره با غلظت بالای انرژی مصرف کردند یا وقتی به صورت آزاد تغذیه شدند، در مقایسه با گاوهایی که تیمار با انرژی پایین یا محدودیت غذایی دریافت کردند، مشاهده شد. در شیردهی بعدی، وقتی گاوها طی دوره خشکی، بیش از حد تغذیه شدند، افزایش میزان NEFA را نشان دادند. به طور مشابه، کونز و همکاران (۱۹۸۵)، میزان NEFA پلاسمایی پایین تری را در گاوهای با محدودیت غذایی طی دوره خشکی در مقایسه با گاوهای تغذیه شده به صورت دسترسی آزاد، گزارش کردند. در مقابل، سایر محققین، میزان NEFA پایین تری را در طی شیردهی بعدی، وقتی گاوها جیره با انرژی بالا قبل از زایش دریافت کردند، مشاهده نمودند. مقدار NEFA بعد از زایش تحت تاثیر جیره دوره خشکی در مطالعات انجام شده توسط ریان و همکاران (۲۰۰۳)، رابلو و همکاران (۲۰۰۵) و ورچ و همکاران (۲۰۰۵) قرار نگرفت. با توجه به تاثیر تامین انرژی جیره طی دوره خشکی روی میزان BHB خون گاوها، نتایج، همان طور که توسط رمپیس و همکاران (۲۰۱۱) نیز مرور شده است، جامع و یکسان نیست. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی اثرات مقادیر مختلف تامین انرژی قبل از زایش و نیز اثرات تغذیه بعد از زایش و اثر متقابل بین تامین انرژی قبل و بعد از زایش روی فراسنجه های خون و توازن انرژی گاوهای شیری چند شکم از نژادهای سیمنتال، براون سوئیس و هلشتاین بود.

مواد و روش ها

آزمایش در مرکز تحقیق و آموزش کشاورزی فدرال در ایالت استریای اتریش انجام شد. همه تولید کنندگان، مورد تایید سازمان دامپزشکی ایالت قرار داشتند. به طور خلاصه، یک آزمایش تغذیه ای روی ۸۱ گاو چند شکم انجام شد. دوره آزمایش، از ۸۴ روز قبل از زمان مورد انتظار زایش شروع شده و تا روز ۱۰۵ شیردهی ادامه داشت.

دام ها و طرح آزمایش

گاوها از نژادهای سیمنتال (۲۷ راس)، براون سوئیس (۲۷ راس) و هلشتاین (۲۷ راس) با میانگین شکم زایش ۱/۸ ± ۲/۶۹، متوسط وزن ۷۷± ۶۶۲ کیلوگرم و متوسط تولید شیر در دوره قبلی برابر ۱۲۴۴ ±۶۳۱۳ کیلوگرم بودند (سیمنتال= ۵۵۸۱ کیلوگرم، براون سوئیس= ۶۴۳۶ کیلوگرم و هلشتاین= ۶۹۲۰ کیلوگرم). دام ها به طور متوازن مطابق با نژاد و شکم زایش و نیز متوسط مصرف خوراک و تولید شیر ثبت شده در یک دوره دو هفته ای مقدماتی، با استفاده از طرح فاکتوریل ۳ ×۳ (۳ سطح انرژی قبل از زایش × ۳ سطح انرژی بعد از زایش) تحت تیمارها قرار گرفتند. هم تیمارهای قبل از زایش و هم بعد از زایش، از سطح انرژی کم، متوسط و بالا تشکیل می شد که به ترتیب ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد احتیاجات انرژی توصیه شده توسط انجمن فیزیولوژی و تغذیه آلمان را تامین می کرد. انرژی دو بار در هفته مطابق با طرح آزمایشی، بر اساس مصرف خوراک و تولید شیر ۳ تا ۴ روز قبلی، تنظیم می گردید.

جیره ها حاوی مقادیر مختلف علوفه (سیلاژ گراس، سیلاژ ذرت و یونجه که میزان متفاوت انرژی داشتند) و سطح کنسانتره بود. مواد غذایی به طور جداگانه به ترتیب زیر داده می شد: (۱) نیمی از کنسانتره+ مواد معدنی، (۲) یونجه،

(۳) سیلاژ ذرت، (۴) نیمی از کنسانتره و (۵) سیلاژ گراس. ترکیب علوفه، نسبت کنسانتره و محتوای مواد مغذی کل جیره ها در جدول (۱) نشان داده شده است. اگر دریافت انرژی فراتر از مقدار هدف آزمایش می رفت، مصرف خوراک محدود می گردید. گاوها در تای استال انفرادی با تشک لاستیکی در کف بستر نگهداری می شدند و دسترسی آزاد به آب تازه داشته و به آنها اجازه داده می شد روزانه در محوطه بیرونی از ساعت ۱ تا ۳ بعد از ظهر، تحرک داشته باشند. گاوها به گونه ای مدیریت شدند که مطابق شیوه پرورش مصوب باشد.

جدول ۱. ترکیب علوفه، میزان کنسانتره و محتوای مواد مغذی کل جیره ها

مورد	دوره قبل از زایش			ابتدای شیردهی		
	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد
اجزا						
یونجه (٪ ماده خشک علوفه)	۳۸/۶	۳۸/۴	۳۹/۱	۳۸/۶	۳۸/۱	۴۰/۲
سیلاژ گراس (٪ ماده خشک علوفه)	۴۰/۸	۳۰/۶	۱۹/۵	۳۹/۹	۲۹/۵	۲۰/۷
سیلاژ ذرت (٪ ماده خشک علوفه)	۲۰/۶	۳۱/۱	۴۱/۴	۲۲/۱	۳۲/۵	۳۹/۱
کنسانتره (٪ ماده خشک کل جیره)	۱/۷	۲/۹	۱۷/۴	۱۰/۲	۴۵/۷	۵۲/۶
مقادیر مواد مغذی						
CP (گرم/ کیلوگرم ماده خشک)	۱۱۷	۱۱۳	۱۲۲	۱۲۰	۱۴۴	۱,۴۹
NDF (گرم/ کیلوگرم ماده خشک)	۴۹۴	۴۹۱	۴۴۷	۴۸۲	۳۸۲	۳۶۴
ADF (گرم/ کیلوگرم ماده خشک)	۳۱۱	۲۹۷	۲۵۹	۳۰۱	۲۱۴	۱۹۴
قابلیت هضم (٪ ماده آلی)	۶۲/۶	۶۵/۶	۷۰/۷	۶۴/۳	۷۴/۳	۷۶/۷
ME (مگاژول/ کیلوگرم ماده خشک)	۸/۶۶	۹/۱۵	۹/۹۹	۸/۹۵	۱۰/۶۰	۱۰/۹۹
NEl (مگاژول/ کیلوگرم ماده خشک)	۵/۰۳	۵/۳۶	۵/۹۶	۵/۲۴	۶/۴۳	۶/۷۱
خاکستر خام (گرم/ کیلوگرم ماده خشک)	۷۷	۷۲	۶۶	۷۴	۶۲	۵۹

کنسانتره (٪ ماده خشک): دانه ذرت ۲۴٪، جو ۱۶٪، تفاله چغندر ۱۶٪، گندم ۱۲٪، سبوس ۱۲٪، کنجاله سویا ۶/۷٪، کنجاله منداب ۶/۷٪ و کنجاله آفتابگردان ۶/۷٪.

نمونه گیری از خون و تجزیه و تحلیل

یک بار در هفته در طول دوره آزمایش، نمونه خون از سیاهرگ زیر دم از هر گاو بین ۷/۵ تا ۸ ساعت بعد از تغذیه صبح، گرفته شد. نمونه ها برای گلوکز کل خون در لوله های خلاء حاوی فلورید سدیم و اگزالات پتاسیم به عنوان ضد انعقاد و پایدار کننده گرفته شد. نمونه های بیشتر در لوله های جداکننده سرم حاوی ژل لخته کننده و جدا کننده جمع آوری شده و روی کیسه های یخ قرار گرفت. سرم بعد از سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ (۲۰ دقیقه) طی ۳۰ دقیقه بعد از نمونه گیری جدا شده و در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد تا زمان آمایش، منجمد گردید.

ترکبات سرم با استفاده از کیت های مناسب، مورد آنالیز قرار گرفت. ترکیباتی که آنالیز می شد شامل NEFA و BHB، گلوکز، کلسترول، بیلی روبین کل، اوره، کلسیم، فسفر معدنی و منیزیوم و آنزیم هایی شامل گلوتامات دهیدروژناز و آسپارتات آمینوترانسفراز بود.

محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

توازن انرژی با پیروی از روش انجمن فیزیولوژی و تغذیه آلمان محاسبه گردید. توازن انرژی روزانه تخمینی با کم کردن احتیاجات انرژی از دریافت انرژی محاسبه شد: احتیاجات نگهداری (NEm)= ۰/۲۳۹× $BW^{0.75}$ ،

احتیاجات آبستنی (NEc)= ۰/۰۴۴۹× $\exp^{0.0165\times days\ pregnant}$ +۰/۰۱۹۰۵× روزهای آبستنی − ۳/۶۶۱۹/ ۰/۶×۰/۱۷۵

احتیاجات شیردهی (NEl)= (۰/۳۸۹ × درصد چربی شیر+ ۰/۲۱ × درصد پروتئین شیر + ۱/۰۵) × تولید شیر روزانه.

دریافت انرژی خالص روزانه (NEI) هر گاو با ضرب کردن مصرف ماده خشک انفرادی در غلظت کل انرژی جیره محاسبه شده، تعیین شد.

در دوره قبل از زایش: EB = NEI _ (NEm + NEc) و در دوره بعد از زایش: EB = NEI _ (NEm + NEl)

و به صورت مگاژول در روز بیان شد. روزهای آبستنی به صورت گذشته نگر، با استفاده از تاریخ واقعی زایش محاسبه شد. برای محاسبه توازن انرژی، فراخوانی یا ذخیره بافت بدن به ترتیب در مورد توازن انرژی منفی یا مثبت، در نظر گرفته شد. شیر تصحیح شده بر اساس انرژی (ECM) به صورت زیر محاسبه گردید:

ECM = (0.38× milk fat% + 0.21 × milk protein% + 0.95) × kg of milk/ 3.2

داده های دوره های قبل و بعد از زایش، به طور جداگانه آنالیز شد. داده ها برای یکنواختی و هم واریانسی با استفاده از هیستوگرام ها و آزمایشات آماری بررسی شد. داده های حاصل از متغیرهایی که توزیع نرمال نداشتند، قبل از آنالیز آماری به لگاریتم تبدیل شدند (NEFA، BHB، بیلی روبین کل، گلوتامات دهیدروژناز و آسپارتارت آمینو ترانسفراز). شیوه اندازه گیری تکرار شونده و رویه مخلوط برای آنالیز آماری با استفاده از مدل های زیر به کار رفت:

M1: مدل قبل از زایش $Y_{ijkl}= \mu+ E\ pre_i+ breed_j+ parity_k + week_l+e_{ijkl}$

Y_{ijkl} متغیر وابسته، μ = میانگین کلی، $E\ pre_i$ = اثر ثابت انرژی، $breed_j$ = اثر ثابت نژاد، $parity_k$ = اثر ثابت شکم زایش، $week_l$ = اثر ثابت هفته، e_{ijkl}= خطای باقی مانده. مشاهدات هفتگی روی هر گاو به طور انفرادی به صورت اندازه گیری تکرار شونده در نظر گرفته شد.

M2: مدل بعد از زایش

$Y_{ijkl}= \mu+ E\ pre_i+E\ post_j+ E\ pre\times E\ post_{ij}+ breed_k+ parity_l + week_m+ E\ post \times week_{jm}+ e_{ijkl}$

$E\ post_j$= اثر ثابت تامین انرژی بعد از زایش، $E\ pre\times E\ post_{ij}$ = اثر متقابل تامین انرژی قبل و بعد از زایش، $week_m$= اثر ثابت هفته آزمایشی، $E\ post \times week_{jm}$ = اثر متقابل تامین انرژی بعد از زایش و هفته آزمایشی، e_{ijkl} خطای باقی مانده و سایر عوامل مانند مدل قبل از زایش بود.

مشاهدات هفتگی روی گاوها به طور انفرادی به صورت اندازه گیری تکرار شونده در نظر گرفته شد. سایر اثرات متقابل، معنی دار یا قابل تخمین نبود و بنابراین در مدل نهایی وارد نشد. برای اندازه گیری های تکرار شده، کوواریانس درجه اول به کار رفت. مخرج درجه آزادی با مدل کنوارد-روجر، برآورد شد. در قسمت نتایج، میناگین حداقل مربعات متغیرهای تبدیل لگاریتمی شده برای مقایسه و تفسیر بهتر نتایج دوباره تبدیل شدند. همبستگی بین توازن انرژی و صفات خونی گلوکز، NEFA و BHB به صورت همبستگی پیرسون حداقل میانگین مربعات محاسبه شد. داده ها به طور جداگانه برای دوره قبل و بعد از زایش (۳ هفته قبل تا ۳ هفته بعد از زایش) و کل دوره آزمایش، آنالیز شد.

بعد از مشاهده نتایج روی نمودار پراکندگی، رگرسیون غیر خطی برای متغیرهای توازن انرژی و مقادیر NEFA و BHB با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. رگرسیون خطی برای آنالیز توازن انرژی و داده های گلوکز مناسب تر بود.

نتایج

داده های تولید

داده های مصرف ماده خشک و تولید شیر با جزئیات در مقاله گروبر و همکاران (۲۰۱۴) و در جداول ۲ تا ۴ توضیح داده شده اند. به طور خلاصه، مصرف ماده خشک قبل از زایمان و دریافت انرژی همان طور که طراحی شده بود، متفاوت بود و وزن زنده و نمره بدنی گاوهای سیمنتال در مقایسه با براون سوئیس و هلشتاین بالاتر بود. نمره بدنی (BCS) در زمان زایش ۲/۶۷، ۳/۰۲ و ۳/۴۹ به ترتیب برای تیمارهای با سطح انرژی کم، متوسط و بالا قبل از زایش بود. تولید و ترکیب شیر تحت تاثیر هر سه عامل آزمایشی اصلی قرار گرفت (سطح انرژی قبل و بعد از زایش و نژاد). تولید شیر تصحیح شده برای انرژی ۲۵/۶، ۲۸/۶ و ۳۰/۱ کیلوگرم در روز برای سطح انرژی کم، متوسط و بالا قبل از زایش و نیز ۲۱/۵، ۳۰/۱ و ۳۲/۶ کیلوگرم در روز برای انرژی کم، متوسط و بالا بعد از زایش بود. برای محتوای پروتئین شیر، اثر متقابل انرژی قبل و بعد از زایش و انرژی قبل از زایش و نژاد، معنی دار شد. تاثیر تامین انرژی قبل از زایش، وقتی گاوها سطح انرژی پایین تری بعد از زایش داشتند و نیز برعکس، پررنگ تر بود. به عبارت دیگر، پاسخ تولید شیر گاوها به تامین انرژی بالاتر از احتیاجات برای گاوهایی که با سطح انرژی پایین قبل از زایش تغذیه شدند، بیشتر بود. تاثیر سطح انرژی قبل از زایش برای گاوهای هلشتاین بالاتر بود که نشان می دهد تولید شیر آنها متکی بر فراخوانی بیشتر ذخایر بدنی است. دریافت ماده خشک و NEl کمی با افزایش سطح انرژی قبل از زایش کاهش یافت و برعکس، با کاهش انرژی، افزایش یافت. افزایش تامین انرژی بعد از زایش، تولید شیر و نیز محتوای پروتئین و لاکتوز شیر را افزایش داد.

توازن انرژی

متوسط توازن انرژی روزانه طی کل دوره قبل از زایش (اواخر شیردهی و دوره خشکی)، همان طور که طراحی شده بود، متفاوت بود (جدول ۲). در مقابل تیمار با سطح انرژی پایین و متوسط قبل از زایش که دریافت انرژی به طور مداوم با ادامه آبستنی، افزایش می یافت، در تیمار با انرژی بالا قبل از زایش، کاهش مصرف ماده خشک و متعاقبا توازن انرژی، طی ۳ هفته آخر قبل از زایش تا زمان زایش قابل مشاهده بود (داده ها نشان داده نشده است). تامین احتیاجات انرژی از ۱۱۷ درصد (هفته ۳) به ۹۴ درصد در روز آخر قبل از زایش کاهش یافت که تفاوت ۱۴/۳ مگاژول در روز NEl را نشان می دهد. گاوهای هلشتاین، توازن انرژی بالاتری را در مقایسه با براون سوئیس و سیمنتال تجربه کردند (جدول ۲).

جدول ۲. تاثیر تامین انرژی قبل از زایش و نژاد روی مصرف خوراک، نمره بدنی، توازن انرژی و ترکیبات سرم گاوهای چند شکم طی دوره قبل از زایش

متغیر	تیمار (انرژی)			نژاد			مقدار p		
	کم	متوسط	زیاد	سیمنتال	براون سوئیس	هلشتاین	Epre	نژاد	هفته
DMI (kg/d)	۸/۱	۱۰/۴	۱۳/۷	۱۰/۶	۱۰/۵	۱۱/۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۰۱
BCS	۲/۸۵	۳/۰۰	۳/۳۴	۳/۵۵	۳/۱۲	۲/۵۴	۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۸۰
EB (MJ NEl/d)	-۱۵/۵	-۳/۱	۱۴/۶	-۳/۱	-۲/۰	۱/۰	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
EB(%)	۷۲	۹۵	۱۲۳	۹۵	۹۶	۹۹	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
گلوکز (میلی مول)	۳/۰۸	۳/۲۰	۳/۳۳	۳/۲۳	۳/۲۴	۳/۱۴	<۰/۰۰۱	۰/۰۸	۰/۱۱
NEFA (میلی مول)	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	<۰/۰۰۱	۰/۸۶	<۰/۰۰۱
BHB (میلی مول)	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۱۳	۰/۰۰۳	<۰/۰۰۱
بیلی روبین (میکرومول)	۱/۵۹	۱/۲۸	۱/۱۹	۱/۳۵	۱/۳۰	۱/۳۸	<۰/۰۰۱	۰/۶۳	<۰,۰۵
اوره (میلی مول)	۴/۰۱	۳/۷۱	۳/۶۰	۳/۸۰	۴/۰۷	۳/۴۴	<۰/۰۰۱	<۰,۰۰۱	۰/۰۶
کلسترول(میلی مول)	۲/۷۰	۲/۵۷	۲/۵۳	۲/۴۱	۲/۶۶	۲/۷۳	۰/۴۵	۰/۰۸	<۰/۰۰۱
آسپارتات (IU/l)	۲۴/۷	۲۹/۰	۲۸/۲	۲۶/۱	۲۹/۱	۲۶/۵	۰/۰۰۱	۰/۰۴	<۰/۰۰۱
گلوتامات دهیدورژناز (IU/l)	۳/۲۸	۴/۲۹	۵/۴۱	۴/۱۲	۴۵۱	۴/۱۰	<۰/۰۰۱	۰,۲۴	<۰/۰۰۱
کلسیم (میلی مول)	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۴۹	۲/۵۰	۲/۵۲	۲/۴۷	۰/۸۳	۰/۰۹	۰/۵۷
فسفر (میلی مول)	۱/۸۵	۱/۸۲	۱/۸۳	۱/۸۵	۱/۸۲	۱/۸۳	۰/۵۵	۰/۶۴	<۰/۰۰۱
منیزیوم (میلی مول)	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۰	۰/۹۶	۱/۰۵	۰/۹۹	۰/۶۴	<۰/۰۰۱	۰/۰۹

محدودیت غذایی در دوره خشکی منجر به میانگین توازن انرژی بعد از زایش کمتر منفی در مقایسه با سطح انرژی متوسط و بالا قبل از زایش شد (جدول ۳). اثر تامین انرژی بعد از زایش روی توازن انرژی، مشخص تر بود. همه تیمارها متفاوت بودند (جدول ۳). در تیمار با انرژی بالا بعد از زایش، تنها در گروه های با تغذیه آزاد (در سرحد اشتها)، احتیاجات انرژی به طور میانگین، فقط ۳ درصد بیشتر بود. اثر متقابل بین تامین انرژی قبل از زایش و بعد از زایش برای توازن انرژی مطلق و نیز نسبی (درصد نیاز به NEl) مشاهده شد (جدول ۴). بعد از زایش، گاوهای با انرژی پایین قبل از زایش و انرژی بالا بعد از زایش (LH)، وضعیت انرژی بهتری در مقایسه با گاوهای دریافت کننده انرژی بالا قبل و بعد از زایش (HH) داشتند و توازن انرژی (درصد نیاز به NEl) بالاتر یا متمایل به بالاتر (مگاژول NEl در روز) نسبت به تیمار با انرژی متوسط قبل از زایش و انرژی بالا بعد از زایش (MH) بود. در تیمارهای دارای محدودیت غذایی (انرژی پایین و متوسط بعد از زایش)، چنین تاثیری مشاهده نشد. گاوها در تیمارهای LH، MH و HH به توازن مثبت انرژی به ترتیب در هفته های ۳ و ۴ و ۸ رسیدند (شکل ۱). گاوهای سیمنتال توازن انرژی کمتر منفی نسبت به گاوهای براون سوئیس و هلشتاین طی اوایل شیردهی داشتند (جدول ۳).

جدول ۳. اثرات اصلی تامین انرژی در سطح کم، متوسط یا بالا در طی دوره قبل از زایش و بعد از زایش و نژاد روی تولید شیر،توازن انرژی و ترکیب فراسنجه های سرم گاوهای چند شکم از روز اول تا ۱۰۵ شیردهی

	Treatment										p-Value				
	Pre-partum			Post-partum			Breed								
Variable	L	M	H	L	M	H	SI	BS	HF	RSD	E_{PRE}	E_{POST}	Breed	Week	E_{POST} × week
DMI (kg/day)	17.9^{b}	18.6^{ab}	19.0^{a}	13.8^{c}	19.5^{b}	22.2^{a}	17.6^{b}	18.4^{b}	19.4^{a}	1.9	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Milk yield (kg/day)	25.4^{b}	27.9^{a}	29.5^{a}	21.0^{c}	29.6^{b}	32.2^{a}	24.8^{c}	27.9^{b}	30.1^{a}	3.9	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Milk fat (%)	4.16	4.34	4.30	4.37^{a}	4.26^{ab}	4.16^{b}	4.04^{b}	4.37^{a}	4.38^{a}	0.55	0.06	0.05	<0.001	<0.001	<0.001
Milk protein (%)	3.21^{a}	3.24^{ab}	3.28^{b}	2.98^{c}	3.30^{b}	3.43^{a}	3.29^{a}	3.24^{ab}	3.20^{b}	0.22	0.04	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
BCS*	2.51^{b}	2.54^{b}	2.81^{a}	2.33^{b}	2.73^{a}	2.80^{a}	3.12^{a}	2.63^{b}	2.12^{c}	0.36	<0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
EB (MJ NE_L/day)	−8.3^{a}	−13.3^{b}	−16.7^{c}	−33.2^{c}	−9.9^{b}	4.8^{a}	−10.2^{a}	−13.4^{ab}	−14.6^{b}	10.2	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001
EB† (%)	91^{a}	88^{b}	87^{b}	69^{c}	93^{b}	103^{a}	90	87	88	7	<0.001	<0.001	0.08	<0.001	<0.001
Glucose (mM)	2.80	2.80	2.80	2.46^{b}	2.93^{a}	3.01^{a}	2.94^{a}	2.68^{b}	2.77^{b}	0.50	0.99	<0.001	<0.001	<0.001	0.10
NEFA (mM)	0.15^{b}	0.17^{ab}	0.19^{a}	0.26^{a}	0.14^{b}	0.13^{b}	0.17	0.17	0.16	–‡	0.033	<0.001	0.85	<0.001	0.13
BHB (mM)	0.90	0.98	0.96	1.37^{a}	0.88^{b}	0.70^{c}	0.80^{c}	1.10^{a}	0.95^{b}	–‡	0.38	<0.001	<0.001	0.02	0.007
Bilirubin (μM)	1.33	1.35	1.43	1.70^{a}	1.24^{b}	1.22^{b}	1.31^{b}	1.34^{ab}	1.47^{a}	–‡	0.28	<0.001	0.03	<0.001	0.32
Urea (mM)	3.62^{b}	4.00^{a}	4.02^{a}	3.87^{ab}	4.04^{a}	3.73^{b}	3.96^{a}	4.20^{a}	3.49^{b}	0.89	<0.001	0.018	<0.001	<0.001	0.15
Cholesterol (mM)	3.91	4.15	4.08	4.06	4.12	3.95	3.71^{b}	4.09^{ab}	4.34^{a}	0.87	0.37	0.63	0.002	<0.001	0.83
AST (IU/l)	33.9^{b}	37.7^{a}	35.6^{ab}	35.7	34.5	36.9	32.5^{b}	38.7^{a}	36.2^{a}	–‡	0.003	0.11	<0.001	<0.001	0.54
GLDH (IU/l)	5.96	6.05	6.42	5.28^{b}	6.27^{a}	6.99^{a}	5.82	6.30	6.31	–‡	0.46	<0.001	0.35	<0.001	0.01
Ca (mM)	2.45	2.45	2.47	2.50^{a}	2.46^{b}	2.43^{b}	2.44	2.48	2.46	0.19	0.44	<0.001	0.12	0.03	0.93
P (mM)	1.83	1.80	1.82	1.83	1.83	1.79	1.84^{a}	1.78^{b}	1.84^{a}	0.28	0.62	0.31	0.03	<0.001	0.11
Mg (mM)	1.07	1.09	1.08	1.10	1.07	1.07	1.04^{b}	1.14^{a}	1.06^{b}	0.15	0.30	0.25	<0.001	<0.001	0.10

L: تامین انرژی کم، M: متوسط، H: بالا؛ SI: سیمنتال، BS: براون سوئیس، HF: هلشتاین-فریزین، RSD: انحراف استاندارد باقی مانده

میانگین ها در یک ردیف با حروف متفاوت، تفاوت معنی دار دارند (P<۰,۰۵)

ارزیابی اسکور بدنی (BCS) به صورت هفتگی انجام شد.

درصدی از نیاز بهNEL RSD بر اساس مقادیر لگاریتمی است و بنابراین گزارش نشده است.

جدول ۴. توازن انرژی و ترکیب اجزای سرم گاوهای چند شکم از روز ۱ تا ۱۰۵ شیردهی تغذیه شده طی دوره قبل و بعد از زایش با جیره هایی که سطح انرژی کم (L)، متوسط (M) یا بالا (H) تامین می کند

	Treatment (pre-partum/post-partum)										p-Value
	LL	LM	LH	ML	MM	MH	HL	HM	HH	RSD	$E_{PRE} \times E_{POST}$
DMI (kg/day)	12.8^{cB}	18.3^{bD}	22.5^{a}	13.6^{fAB}	19.6^{eCD}	22.5^{d}	14.8^{fA}	20.5^{hC}	21.6^{g}	1.9	<0.01
Milk yield (kg/day)	18.6	26.7	31.0	21.0	30.2	32.4	23.3	31.9	33.2	3.9	0.61
Milk fat (%)	4.14	4.24	4.09	4.46	4.25	4.31	4.50	4.29	4.10	0.55	0.28
Milk protein (%)	2.95^{c}	3.20^{bB}	3.46^{a}	2.96^{e}	3.32^{dAB}	3.43^{d}	3.04^{g}	3.39^{dA}	3.40^{f}	0.22	0.01
BCS	2.12	2.69	2.72	2.20	2.55	2.88	2.66	2.96	2.81	0.36	0.18
EB (MJ NE_L/day)	-29.3^{c}	-7.6^{b}	12.0^{aA}	-34.4^{f}	-10.7^{e}	4.7^{dAB}	-36.1^{i}	-11.3^{h}	-2.0^{gB}	10.6	<0.05
EB* (%)	69^{c}	94^{b}	109^{aA}	68^{f}	92^{e}	103^{dB}	69^{i}	92^{h}	98^{gB}	7	<0.001
Glucose (mw)	2.47	2.88	3.06	2.47	2.89	3.03	2.44	3.01	2.94	0.50	0.40
NEFA (mw)	0.23	0.12	0.12	0.25	0.14	0.13	0.30	0.16	0.14	–†	0.88
BHB (mw)	1.17	0.92	0.68	1.47	0.93	0.69	1.49	0.80	0.73	–†	0.12
Bilirubin (µw)	1.68	1.15	1.23	1.66	1.27	1.17	1.76	1.30	1.28	–†	0.72
Urea (mw)	3.65	3.74	3.46	3.99	4.12	3.91	3.97	4.26	3.82	0.89	0.91
Cholesterol (mw)	4.08	3.81	3.84	4.09	4.32	4.04	4.02	4.24	3.98	0.87	0.77
AST (IU/l)	31.8^{bB}	31.9^{b}	38.3^{aCD}	36.6^{AB}	36.4	40.2^{C}	39.0^{cA}	35.4^{cd}	32.8^{dD}	–†	<0.001
GLDH (IU/l)	4.01^{cB}	5.68^{b}	9.28^{aC}	5.61^{A}	5.58	7.07^{CD}	6.54^{deA}	7.77^{d}	5.20^{eD}	–†	<0.001
Ca (mw)	2.49	2.43	2.44	2.50	2.45	2.42	2.51	2.48	2.42	0.19	0.60
P (mw)	1.91^{A}	1.76	1.82	1.72^{bB}	1.87^{a}	1.82^{ab}	1.86^{AB}	1.86	1.75	0.28	<0.001
Mg (mw)	1.06	1.07	1.08	1.11	1.06	1.11	1.12^{a}	1.10^{ab}	1.03^{b}	0.15	<0.01

تیمارها: LL= تامین انرژی کم، قبل از زایش (pre)، انرژی کم بعد از زایش (post)؛ LM= انرژی کم قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ LH= انرژی کم قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ ML= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش؛ MM= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ MH= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ HL= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی پایین بعد از زایش؛ HM= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ HH= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش.

میانگین ها در یک ردیف با حروف متفاوت، دارای تفاوت معنی دار هستند ($P<۰,۰۵$). تفاوت ها بین گروه های تیماری قبل و بعد از زایش با حروف کوچک نشان داده شده اند.

*درصدی از نیاز به NEL

انحراف استاندارد باقی مانده (RSD) بر اساس مقادیر لگاریتمی است و بنابراین گزارش نشده است.

متابولیت های خون

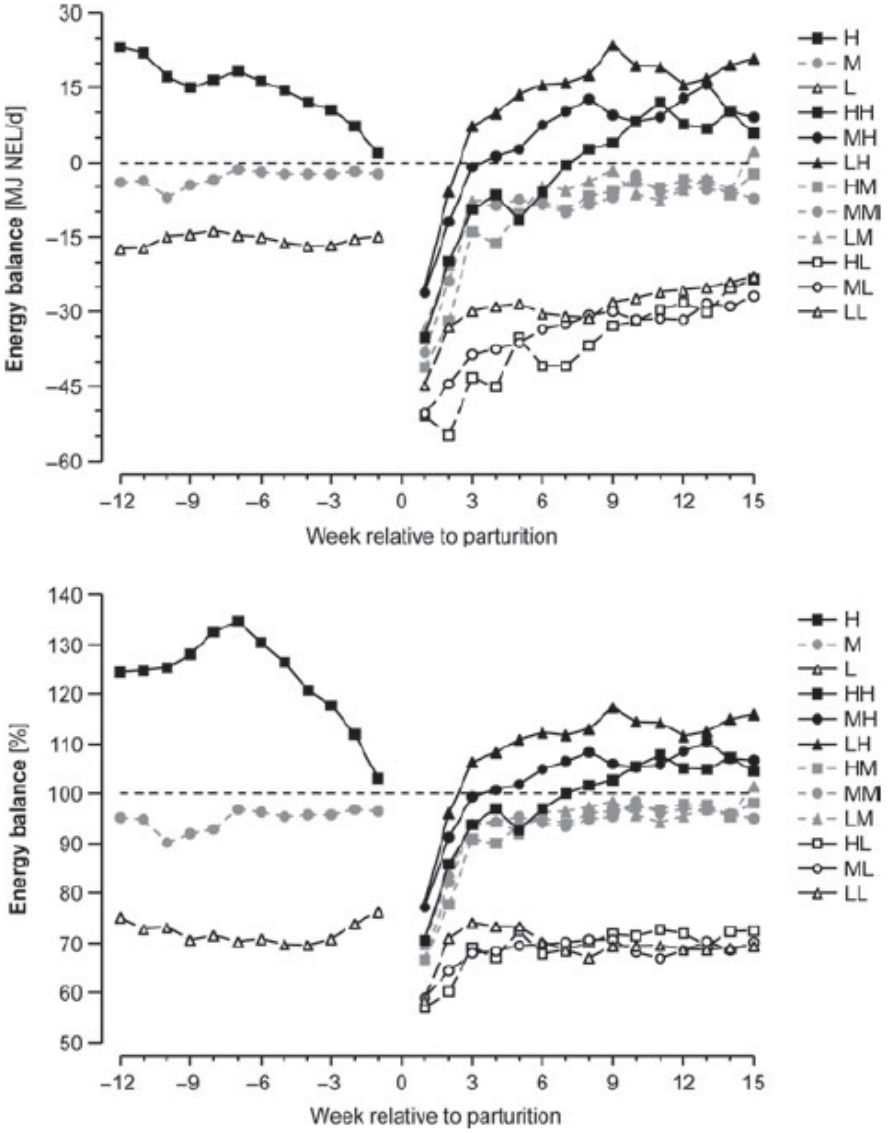
در دوره قبل از زایش، میزان NEFA خون در گاوهایی که انرژی کم دریافت می کردند در مقایسه با آنهایی که انرژی متوسط و بالا قبل از زایش دریافت می کردند، بالاتر بود (جدول ۲، شکل ۲). همین وضعیت برای بیلی روبین کل هم صادق بود به طوری که تیمار انرژی کم قبل از زایش، مقادیر بالاتری نسبت به تیمارهای دارای انرژی متوسط و بالا قبل از زایش داشت. مقدار گلوکز خون در دام های تغذیه شده با انرژی بالا قبل از زایش در مقایسه با گاوهای تغذیه شده در حد احتیاجات یا دارای محدودیت غذایی، بالاتر بود. متوسط فعالیت آنزیم های کبدی گلوتامات دهیدروژناز و آسپارتات قبل از زایش نیز تفاوت معنی داری داشت. مقدار BHB خون گاوهای سیمنتال نسبت به گاوهای هلشتاین و براون سوئیس، پایین تر بود. متوسط فعالیت آنزیم آسپارتات در گاوهای براون سوئیس در مقایسه با سیمنتال بالاتر بود در حالی که گاوهای هلشتاین در سطح میانی قرار داشتند (جدول ۲). تمایلی به سطح پایین تر گلوکز خون در گاوهای هلشتاین در مقایسه با دو نژاد دیگر وجود داشت. میزان کلسترول خون بین نژادها متفاوت بود. طی دوره شیردهی، اثرات تیمار قبل از زایش روی مقادیر NEFA و اوره و فعالیت آسپارتات قابل مشاهده بود (جدول ۳). NEFA سرم در گاوهایی که تحت تیمار انرژی بالا قبل از زایش قرار داشتند، بالاتر بود و مقدار آن در گاوهای دریافت کننده انرژی متوسط قبل از زایش، در حد میانی بود. مقدار اوره خون در گروه با انرژی متوسط و بالا قبل از زایش، بیشتر بود. ترکیب متابولیت های خون طی ۱۰۵ روز اول شیردهی به طور معنی داری تحت تاثیر تامین انرژی بعد از زایش قرار گرفت (جدول ۳). مقدار NEFA در تیمار با انرژی کم بعد از زایش در مقایسه با انرژی متوسط و بالا بعد از زایش، بیشتر بود (شکل ۲). میانگین میزان BHB در تیمار با انرژی کم بعد از زایش از همه بیشتر، در تیمار با انرژی متوسط بعد از زایش در حد میانی و در گروه با انرژی بالا بعد از زایش، از همه کمتر بود (شکل ۳).

در گاوهایی که تحت تیمار انرژی کم بعد از زایش بودند نسبت به آنهایی که انرژی متوسط یا بالا بعد از زایش دریافت می کردند، غلظت خونی بیلی روبین کل بالاتر و میزان گلوکز و نیز فعالیت گلوتامات دهیدروژناز پایین تر بود. نژاد روی بسیاری از متابولیت های خون در اوایل شیردهی تاثیر گذاشت (جدول ۳). میزان BHB برای گاوهای براون سوئیس بالاتر از همه، در گاوهای هلشتاین در حد متوسط و در گاوهای سیمنتال از همه کمتر بود. گاوهای سیمنتال میزان گلوکز خون بالاتری نسبت به سایر نژادها داشتند. میزان بیلی روبین کل و کلسترول و نیز فعالیت آسپارتات برای گاوهای سیمنتال در مقایسه با گاوهای هلشتاین پایین تر بود در حالی که دام های براون سوئیس با گاوهای سیمنتال تنها از لحاظ فعالیت آسپارتات تفاوت داشتند. مقدار اوره خون در گاوهای هلشتاین پایین تر بود. تیمارها تاثیری روی میزان کلسترول خون یا قبل یا بعد از زایش نداشت ولی تاثیر زمان (هفته نسبت به زایش) قابل مشاهده بود (داده ها نشان داده نشده است).

همبستگی متابولیت های خون با توازن انرژی

همبستگی پیرسون میزان NEFA، BHB و گلوکز سرم با توازن انرژی در جدول (۵) نشان داده شده است. همه همبستگی ها معنی دار بود. در دوره قبل از زایش، میزان گلوکز بیشترین همبستگی را با توازن انرژی داشت، بعد از آن، میزان BHB و NEFA با توازن انرژی همبستگی بالایی داشت. طی دوره شیردهی، همه همبستگی ها بین توازن انرژی و متابولیت های خون نسبت به دوره قبل از زایش بالاتر بود و قوی ترین همبستگی بین NEFA و توازن انرژی وجود داشت. هنگام تجزیه و تحلیل کل دوره آزمایش یا دوره انتقال، همبستگی توازن انرژی با گلوکز و نیز میزان BHB بدون تغییر باقی ماند. در مقابل، همبستگی بین توازن انرژی و میزان NEFA به طور قابل توجهی وقتی داده ها محدود به

دوره انتقال می شد، افزایش یافت. در شکل (۴)، میانگین غلظت BHB و NEFA تیمارها (اثر اصلی) در برابر توازن انرژی رسم شده تا این ارتباطات را نشان دهد.



شکل ۱. توازن انرژی گاوهای شیری چند شکم تغذیه شده با جیره هایی که سطح انرژی کم (L)، متوسط (M) یا بالا (H) فراهم می کند، قبل و بعد از زایش. تیمارها: L= تامین انرژی (E) کم قبل از زایش (PRE) ؛ M= EPRE متوسط؛ H= EPRE بالا؛ LL= تامین انرژی کم، قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش، LM= انرژی کم قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ LH= انرژی کم قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ ML= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش؛ MM= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ MH= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ HL= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی پایین بعد از زایش؛ HM= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ HH= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش. در دوره قبل از زایش، اثرات انرژی قبل از زایش، نژاد، زمان و اثر متقابل انرژی قبل از زایش × زمان، در سطح $p<۰,۰۰۱$، معنی دار بودند. طی دوره بعد از زایش، اثرات انرژی قبل و انرژی بعد از زایش، نژاد، شکم زایش، زمان و اثر متقابل انرژی قبل از زایش × انرژی بعد از زایش و انرژی بعد از زایش× زمان به ترتیب در سطح $p<۰,۰۰۱$،$p<۰,۰۰۱$، $p=۰,۰۰۴$، $p<۰,۰۰۱$، $p<۰,۰۵$ و $p<۰,۰۰۱$ معنی دار بود.

بحث

تعیین پروفایل متابولیکی گاوهای شیری برای ارزیابی وضعیت انرژی، خطر سلامتی، باروری و تولید آنها در اوایل شیردهی، در دهه اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است. استفاده از توازن انرژی در سطح گاو به طور انفرادی، که به طور ساده بر اساس داده های ترکیب شیر موجود برآورد شده باشد، ارزش کمی در مدیریت گله شیری و تصمیم گیری دارد. وایلی و همکاران (۲۰۰۸)، بر تردید داشتن در مورد اعتمادپذیر بودن میزان NEFA و BHB به عنوان تنها شاخص های توازن انرژی، تاکید کردند. در مقاله حاضر، اثر تامین انرژی به ازای هر راس مورد بحث قرار گرفته است که به صورت دریافت انرژی جیره ای و یا محتوای انرژی می باشد ولی توازن انرژی و متابولیت های خون گاوهای شیری پر تولید چند شکم نیز تحت تاثیر منبع انرژی جیره همان طور که توسط نجسل و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است، قرار می گیرد.

توازن انرژی قبل و بعد از زایش

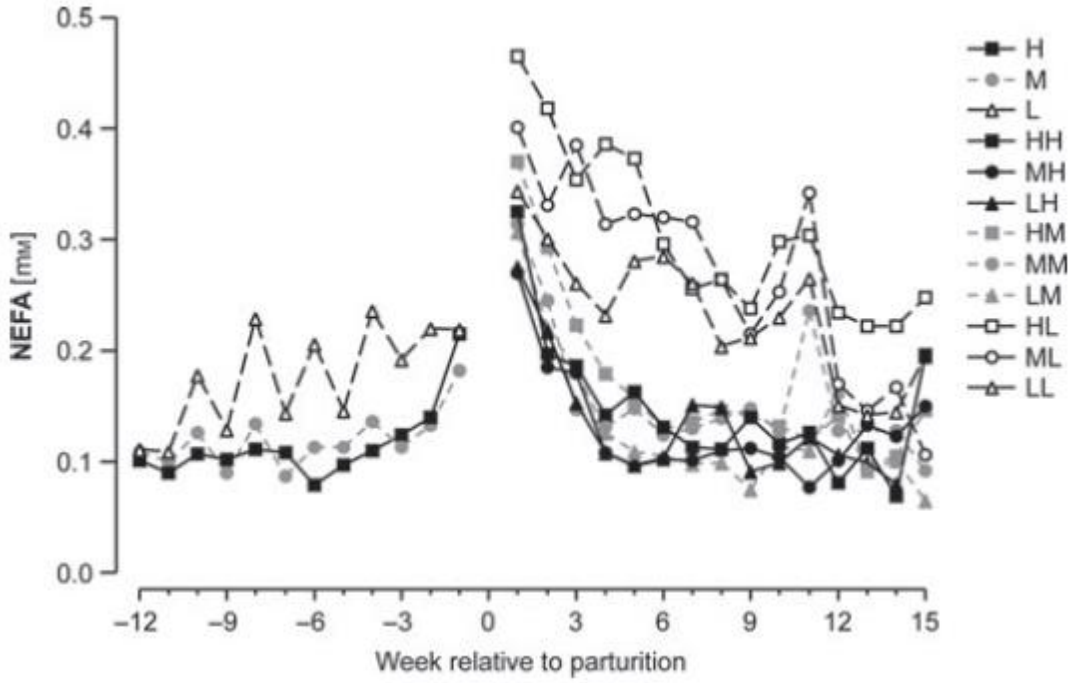
در مطالعه حاضر، مقدار هدف برنامه ریزی شدهٔ توازن انرژی، در تیمار با انرژی بالا بعد از زایش (٪۲۲- به طور متوسط) و طی ۴ هفته قبل از زایمان در تیمار با انرژی بالا قبل از زایش (شکل ۱) حاصل نشد. علت آن طی دوره قبل از زایش، احتمالا به دلیل فقدان مکمل کنسانتره بود. به استثنای هفته آخر قبل از زایش، وقتی که یک کیلوگرم کنسانتره برای سازگارپذیر کردن میکروب های شکمبه، جیره شیردهی تغذیه شد، تنها علوفه به نسبت های متفاوت مورد تغذیه قرار گرفت. مارتنز و همکاران (۲۰۱۲)، اخیرا اهمیت دادن جیره انتظار زایش به مدت حداقل ۲ هفته قبل از زایمان را برای سازگاری اپیتلیوم شکمبه، خاطر نشان کرده اند. همان طور که یک جیره کامل، امکان افزایش محتوای انرژی و دریافت انرژی را می دهد، شکست در دستیابی به دریافت انرژی زیاد به طور آزمایشی، می تواند ناشی از دادن جداگانهٔ علوفه و کنسانتره بوده باشد. با این حال، حتی با دسترسی آزاد به جیره کامل و با تراکم انرژی بالا طی کل دوره خشکی، احتیاجات انرژی تنها کمی طی ۳ هفته آخر قبل از زایش در مطالعه لا و همکاران (۲۰۱۱) فراتر رفت. کاهش مصرف ماده خشک گاوهای تغذیه شده به صورت دسترسی آزاد و متعاقبا کاهش توازن انرژی با نزدیک شدن زمان زایش (شکل ۱)، با مشاهدات صورت گرفته توسط چندین محقق دیگر همخوانی دارد. هم کاهش فضای شکمی و هم افزایش نیاز به انرژی به دلیل رشد جنین، در این اثر نقش دارد.

اثر متقابل تامین انرژی قبل و بعد از زایش روی توازن انرژی، در جایی که بر خلاف تیمارهای کم انرژی و با انرژی متوسط بعد از زایش، تفاوت هایی بین گروه های دریافت کننده انرژی بالا بعد از زایش وجود داشت (تنها دام های تغذیه شده به صورت دسترسی آزاد؛ LH > MH/HH، جدول ۴)، می تواند در اصل توسط تفاوت در تولید شیر تصحیح شده برای انرژی توجیه شود. هرچند معنی دار نبود ولی گاوها در گروه با انرژی کم قبل از زایش و انرژی بالا بعد از زایش، بیش از ۲ کیلوگرم شیر تصحیح شده برای انرژی کمتری نسبت به گاوهای در تیمار با انرژی متوسط قبل از زایش و انرژی بالا بعد از زایش (MH) و تیمار با انرژی بالا قبل و بعد از زایش (HH) تولید کردند. از طرف دیگر، دریافت کنسانتره و علوفه در تیمار با انرژی پایین قبل از زایش و انرژی بالا بعد از زایش (LH)، در مقایسه با تیمار HH (۰٫۲۴+ و ۰٫۷۴+ مصرف ماده خشک به ترتیب)، بالاتر بود. در آزمایش لا و همکاران (۲۰۱۱)، دسترسی آزاد به جیره کاملا مخلوط دورهٔ شیردهی با انرژی بالا با نسبت علوفه به کنسانتره ۳۰ به ۷۰ (بر اساس ماده خشک)، منجر به متوسط توازن انرژی روزانهٔ ۲۴/۰+ مگاژول انرژی قابل متابولیسم در روز شد. متوسط توازن انرژی بعد از زایش ۴/۸+ مگاژول انرژی خالص شیردهی در روز (٪۳ نیاز) در مطالعه حاضر با نسبت علوفه به کنسانترهٔ ۴۶ به ۵۴ به دست آمد. این نتایج نشان

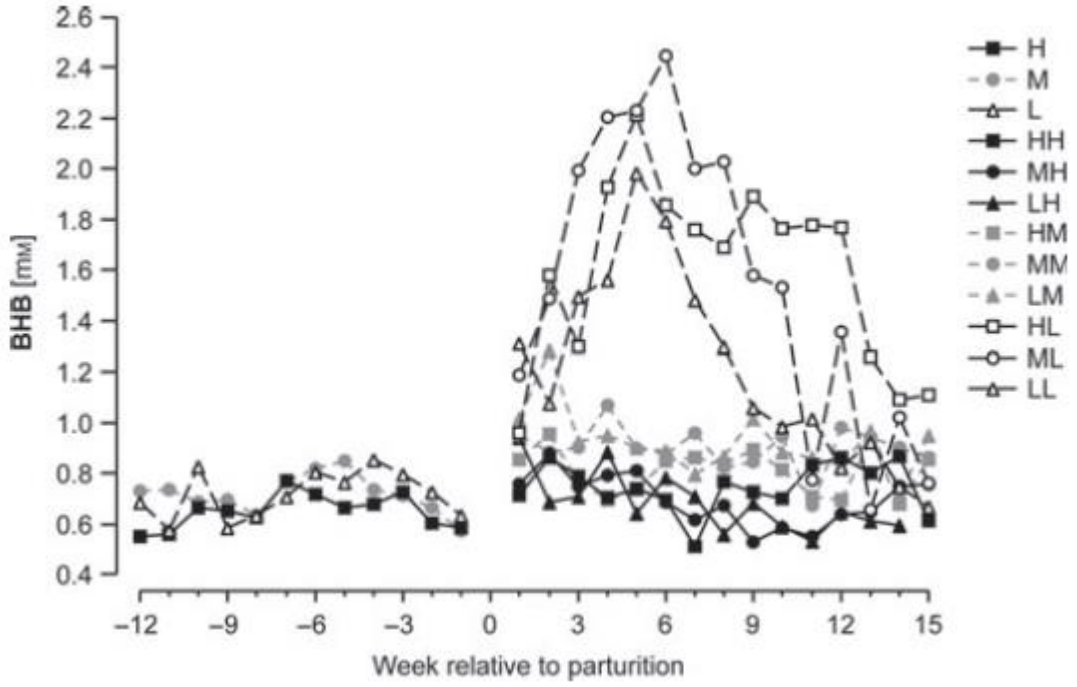
می دهد که دریافت انرژی بیش از حد در ابتدای شیردهی، بعید است که حتی با راهکار تغذیه ای معمولی دادن جداگانهٔ علوفه و کنسانتره، روی دهد. با این حال، یک همبستگی با افزایش احتمال وقوع بیماری های متابولیکی گزارش شده است. یافته های حاضر، جایی که گاوهای دو منظوره نژاد سیمنتال، توازن انرژی منفی کمتری را طی اوایل شیردهی تجربه کردند (اختلاف با براون سوئیس= ۳/۲ و با هلشتاین= ۴/۴ مگاژول انرژی خالص شیردهی در روز، جدول ۳)، شواهد بیشتری در مورد ژنتیکی بودن تغییر ذخایر بدن، ارائه می دهد. اختلاف نسبتا پایین در توازن انرژی، در مقایسه با تفاوت زیاد در خروج انرژی شیر (اختلاف سیمنال و براون سوئیس= ۳/۱- کیلوگرم شیر در روز و ۰/۳۲- درصد چربی شیر و نیز تفاوت سیمنتال و هلشتاین= ۵/۳- کیلوگرم و۰/۳۴- درصد، جدول ۳)، نمی تواند توسط BCS و یا سرعت تغییر وزن بدن بعد از زایش توجیه شود که تحت تاثیر نژاد قرار نگرفت. بنابراین، در تایید تحقیق قبلی انجام شده توسط یان و همکاران (۲۰۰۶)، تقسیم بندی انرژی درون شیر باید برای نژادهای هلشتاین و براون سوئیس که شایستگی ژنتیکی بالاتری در مقایسه با گاوهای سیمنتال دارند، بالاتر باشد. ترکیب BCS احتمالا این تاثیر را اگر آزمایشی با مدت طولانی تر انجام شود، همانگونه که نتایج پاتون و همکاران (۲۰۰۸) نشان می دهد که تفاوت های گونه نژادی در تقسیم بندی مواد مغذی وجود دارد، حتی شفاف تر می تواند نشان دهد.

تاثیر تامین انرژی قبل از زایش روی متابولیت های خون

مقدار گلوکز خون بالاتر برای گاوهای با انرژی بالا قبل از زایش طی دوره انتظار (جدول۲)، با نتایج قبلی با استفاده از تیمارهای دارای انرژی بالا قبل از زایش همخوانی دارد. همبستگی بالای بین تولید گلوکز با دریافت انرژی قابل هضم، به خوبی تایید شده است، هرچند تبدیل پروپیونات به گلوکز توسط کبد، ارتباط نزدیک تری با دریافت انرژی خالص شیردهی بعد از زایش دارد. گاوها در تیمار با انرژی پایین قبل از زایش، ۴۱ درصد میزان NEFA پلاسمایی بالاتری نسبت به گاوها در تیمار با انرژی متوسط و بالا قبل از زایش طی دوره انتظار داشتند (شکل ۲، جدول ۲) که نشان دهندهٔ فراخوانی چربی از بافت چربی از قبل از زایمان می باشد. این امر، در تغییرات BCS و وزن بدن دام ها نیز مشهود است. دان و همکاران (۲۰۱۱)، روچ و همکاران (۲۰۰۷) و جانویک و همکاران (۲۰۱۱)، تفاوت های مشابهی را در میزان NEFA بین دام های بیش از حد تغذیه شده و دچار محدودیت غذایی گزارش کردند. در مقابل، راهکار تغذیهٔ انرژی کم، تاثیری روی متوسط میزان NEFA پلاسما در مطالعه لا و همکاران (۲۰۱۱) نداشت. پیشنهاد شده است که کمی افزایش NEFA در گردش قبل از زایش می تواند برای تحریک کبد گاو جهت فراخوانی ذخایر بدن در ابتدای شیردهی مفید باشد. میزان NEFA گاوهای با انرژی پایین قبل از زایش در این مطالعه، کمتر از مقادیر مرجع منتشر شده است که دامنه ای بین ۰/۲۶ تا ۱ میلی مول دارد. با این حال، مدت و شدت محدودیت انرژی مطالعه حاضر، با احتمال بیشتری می توانست منجر به ناهنجاری های متابولیکی بعد از زایش مانند کبد چرب یا کتوز شود زیرا این ناهنجاری ها در اثر فراخوانی بیش از حد چربی بدن ایجاد می شود. اگرچه تفاوت ها در توازن انرژی گاوهای مطالعه حاضر، زیاد بود (اختلاف بین گروه با انرژی بالا و پایین قبل از زایش= ۵۱ درصد)، میزان BHB پلاسما قبل از زایش تحت تاثیر تیمار قرار نگرفت (شکل ۲، جدول ۲). در مطالعات مشابه، مدیریت جیره نیز روی میزان BHB پلاسما قبل از زایش، حتی وقتی تفاوت توازن انرژی بالاتر بود (۱۴۲ درصد در برابر ۸۵ درصد نیاز به NEl) تاثیری نداشت. از طرف دیگر، روچ (۲۰۰۷)، افزایش میزان BHB قبل از زایش را در گاوهای چراکننده با محدودیت خوراک طی ۳ هفته آخر قبل از زایش، گزارش کرد.



شکل ۲. مقدار NEFA سرمی گاوهای چند شکم تغذیه شده با جیره هایی که سطح انرژی کم، متوسط یا بالا قبل و بعد از زایش فراهم می کند. . تیمارها: L= تامین انرژی (E) کم قبل از زایش (PRE) ؛ M= EPRE متوسط؛ H= EPRE بالا؛ LL= تامین انرژی کم، قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش، LM= انرژی کم قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ LH= انرژی کم قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ ML= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش؛ MM= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ MH= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ HL= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی پایین بعد از زایش؛ HM= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ HH= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش. در دوره قبل از زایش، اثرات انرژی قبل از زایش و زمان در سطح $p<۰,۰۰۱$، معنی دار بودند. طی دوره بعد از زایش، اثرات انرژی قبل و انرژی بعد از زایش، شکم زایش و زمان به ترتیب در سطح $p=۰,۰۳$، $p<۰,۰۰۱$، $p=۰,۰۰۷$ و $p<۰,۰۰۱$ معنی دار بود.



شکل ۳. مقدار BHB سرم گاوهای چند شکم تغذیه شده با جیره هایی که سطح انرژی کم، متوسط یا بالا قبل و بعد از زایش فراهم می کند. . تیمارها: L= تامین انرژی (E) کم قبل از زایش (PRE) ؛ M= EPRE متوسط؛ H= EPRE بالا؛ LL= تامین انرژی کم، قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش، LM= انرژی کم قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ LH= انرژی کم قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ ML= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش؛ MM= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ MH= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ HL= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی پایین بعد از زایش؛ HM= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ HH= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش. در دوره قبل از زایش، اثرات نژاد و زمان به ترتیب در سطح p=۰،۰۰۸ و p<۰،۰۰۱، معنی دار بودند. طی دوره بعد از زایش، اثرات انرژی بعد از زایش، نژاد و زمان و اثر متقابل انرژی بعد از زایش و زمان به ترتیب در سطح p<۰،۰۰۱، p<۰،۰۰۱ ، p=۰،۰۰۲ و p=۰،۰۰۷ معنی دار بود.

اثر متقابل تامین انرژی قبل از زایش و بعد از زایش روی متابولیت های خون

سطح انرژی قبل از زایش (اثر اصلی)، تنها اثرات جزئی روی میزان متابولیت های خون در دوره بعد از زایش داشت. با این حال، میزان متوسط NEFA پلاسما در دام هایی که جیره با انرژی بالا قبل از زایش به آنها داده می شد، بالاتر بود (HPRE > LPRE، جدول ۳). این یافته با مطالعه کوج (۲۰۰۹)، جانویک (۲۰۱۱) و لا (۲۰۱۱) که نتایج مشابهی را گزارش کردند، همخوانی دارد. همان طور که قبلا خاطر نشان شد، آماده سازی قبل از زایش گاوها از لحاظ توانایی فیزیولوژیکی برای کنار آمدن با افزایش میزان NEFA در شروع شیردهی، این نتایج را می تواند توجیه کند. با این حال، بیشتر فرض می شود که خروج کمتر انرژی شیر (۴/۵- کیلوگرم شیر تصحیح شده برای انرژی) و توازن انرژی منفی متعاقب برای تیمار با انرژی کم قبل از زایش، باعث فراخوانی ذخایر بدنی کمتری بعد از زایش شد.

تامین انرژی بالا بعد از زایش منجر به میزان NEFA پلاسمایی (شکل ۲) و BHB کمتر (شکل ۳) و نیز متوسط مقدار گلوکز بالاتر نسبت به تیمار با انرژی پایین شد (جدول ۳). همان طور که انتظار افزایش تولید اجسام کتونی وقتی اسیدهای چرب، فراخوان شده و NEFA توسط کبد اکسیده می شود، می رود، نتایج این مطالعه، از لحاظ تامین انرژی بعد از زایش، این نظریهٔ رایج را تایید و حمایت می کند. تاخیر موقت در اوج میزان BHB در مقایسه با اوج میزان NEFA برای تیمارهای با انرژی پایین بعد از زایش (HL, ML, LL، شکل ۲ و ۳)، شواهدی برای کاهش یا محدودیت اکسیداسیون اسید چرب در کبد و کاهش گلوکونئوژنز کبدی برای متابولیسم پروپیونات را فراهم می کند؛ همان طور که مورنودوتی و همکاران (۲۰۰۴)، این مساله را برای گاوهایی نشان دادند که با گاوهای تیمار HL در مطالعه حاضر قابل مقایسه هستند.

اثر متقابل بین تیمار جیره ای قبل از زایش و بعد از زایش روی میزان گلوکز، NEFA و BHB خون در این مطالعه وجود نداشت. با این حال، گاوهای تیمار ML و HL، بیش از ۲۵ درصد میزان BHB سرمی بیشتری نسبت به گاوهای تیمار LL داشتند (جدول ۴). روچ (۲۰۰۷) اثرات مشابهی را گزارش کرد که همچنین حاکی از سازگارپذیری بهتر به فراخوانی چربی در گاوهای تغذیه شده به صورت محدود قبل از زایش در مقایسه با گاوهایی که در زمان زایش تغذیه محدود دریافت می کردند یا آنهایی که قبل از زایش، بیش از حد تغذیه می شدند، بود. مطالعه نیلسن و همکاران (۲۰۰۷)، آشکار کرد که پاسخ متابولیت ها به تغییرات در غلظت انرژی جیره، مرتبط با سطح تغییر آنها است. این ارتباط همچنین می تواند تا حدی، مقادیر BHB مطالعه فعلی را توضیح دهد، چرا که تغییر از جیره با انرژی بالا قبل از زایش به جیره با انرژی پایین بعد از زایش، منجر به بیشترین پاسخ شد (تفاوت تیمار HL و HPRE= ۰/۸۵ میلی مول)، در حالی که تغییرات سایر تیمارها، تفاوت کمتری را منجر شد (اختلاف تیمار ML و MPRE= ۰/۷۶ میلی مول و تفاوت تیمار LL و LPRE= ۰/۴۶ میلی مول). فقدان تاثیر بر مقادیر گلوکز گزارش شده در سایر مطالعات، احتمالا به دلیل طبیعت کوتاه مدت تنظیم هموستاتیکی شدید آن است.

تاثیر نژاد روی متابولیت های خون

فقدان اثر نژاد روی مقدار NEFA در این مطالعه، در تضاد با نتایج گزارش شده توسط شمس و همکاران (۱۹۹۱) و راستانی و همکاران (۲۰۰۱) قرار دارد. مقدار NEFA برای گاوهای هلشتاین در مقایسه با گاوهای جرسی در مطالعه اخیر، تمایل به بالاتر بودن داشت، تفاوت بین نژادها از لحاظ توازن انرژی بافت و تولید شیر، به ترتیب ۱۷/۶ مگاژول در روز و ۱۴ کیلوگرم شیر تصحیح شده برای چربی بود. در مطالعه حاضر، تفاوت ها در توازن انرژی روزانه و خروجی انرژی شیر، کمتر بود (تفاوت توازن انرژی هلشتاین و سیمنتال= ۴/۴ مگاژول انرژی خالص شیردهی در روز و تفاوت شیر تصحیح شده برای چربی هلشتاین و سیمنتال= ۶/۵ کیلوگرم). با این حال، نژاد روی میزان گلوکز و BHB تاثیر گذاشت. نژاد دو منظوره سیمنتال، میانگین غلظت گلوکز بالاتری بعد از زایش و میزان BHB کمتری هم قبل و هم بعد از زایش در مقایسه با نژادهای شیری براون سوئیس و هلشتاین داشت (جداول ۲ و ۳). به طور کلی، به نظر می رسد که تاثیر نژاد روی تغییر میزان متابولیت های خون در طی دوره انتقال، اهمیت کمی دارد و پاسخ های فیزیولوژیکی عمدتا مبتنی بر تفاوت ها در توازن انرژی ایجاد شده توسط اختلاف در دریافت انرژی و یا خروجی انرژی شیر است که یک تنظیم هومورتیک می باشد. هرچند، هدف اصلی مطالعه حاضر نبود ولی لازم است خاطر نشان کرد که نیلسن و همکاران

(۲۰۰۷)، اثرات نژادی روی فراسنجه های متابولیکی، هنگام بررسی تاثیر تغییرات در تراکم انرژی جیره در اوایل شیردهی را پیدا نکردند.

ترکیب متابولیکی به عنوان شاخص و یا پیش بینی کنندهٔ وضعیت انرژی گاوها

همبستگی قوی بین میزان سرمی NEFA و BHB با توازن انرژی روزانه (شکل ۴، جدول ۵)، یافته روشا و همکاران (۲۰۱۰) را تایید می کند که این شاخص ها، جز متداول ترین فراسنجه های مرتبط با متابولیسم انرژی مورد استفاده برای نظارت بر توازن انرژی قرار دارند. میزان NEFA بیشتر بعد از زایش در گاوهایی که در در دوره خشکی، بیش از حد تغذیه شده اند، همراه با توازن انرژی منفی تر در آن دام ها بود (جدول ۳). به غیر از فراخوانی چربی بدنی که توسط توازن انرژی منفی در هر راس، تحریک می شود، وقوع چرخهٔ عوامل زیر، محتمل تر است: تغذیه بیش از حد قبل از زایش، فراخوانی تری گلیسیرید را از بافت چربی طی شیردهی تحریک می کند، متعاقبا درصد چربی و تولید شیر را افزایش می دهد و در نهایت منجر به خروج انرژی شیر بیشتر و توازن انرژی منفی می شود. افزایش مقادیر NEFA و BHB پلاسما نیز مرتبط با توازن انرژی منفی تر در مطالعه لا و همکاران (۲۰۱۱) بود. با این حال، ضریب همبتسگی تعیین شدهٔ معادلات ثابت برای تشریح ارتباط توازن انرژی روزانه با متغیرهای متابولیکی خون، ضعیف بود (۲۸/۴ و ۹/۷ درصد به ترتیب برای NEFA و BHB). یک دلیل تفاوت با نتایج مطالعه فعلی (R^2 برای NEFA= ۹۰/۵ درصد و R^2 برای BHB= ۸۷/۳ درصد)، می تواند به دلیل تفاوت در شیوه به کار رفته باشد.

در حالی که لا و همکاران (۲۰۱۱)، رگرسیون خطی به کار بردند، ارتباط منحنی-خط مورد استفاده در مطالعه فعلی، به نظر می رسد که با داده های توازن انرژی و مقادیر متابولیکی، همخوانی بیشتری داشته باشد (شکل ۴). مک نامارا و همکاران (۲۰۰۳)، همبستگی معنی داری بین میزان NEFA و BHB پلاسما پیدا نکردند ولی ضریب همبستگی پایین برابر ۰/۲۹- برای BHB و توازن انرژی، بیان کرد که متابولیت های خون به نظر نمی رسد شاخص خوب توازن انرژی باشد. در مقابل، نتایج حاضر نشان می دهد که NEFA پیش بینی کنندهٔ بهتر توازن انرژی روزانه نسبت به BHB باشد (اختلاف ضریب همبستگی NEFA و BHB= ۰/۲۴۴، ۰/۲۵۱ و ۰/۱۶۴ به ترتیب برای دوره قبل از زایش، دوره انتقال و دوره بعد از زایش؛ جدول ۵) و همبستگی بین این متغیرهای متابولیسم انرژی طی دوره انتقال، از همه قوی تر است.

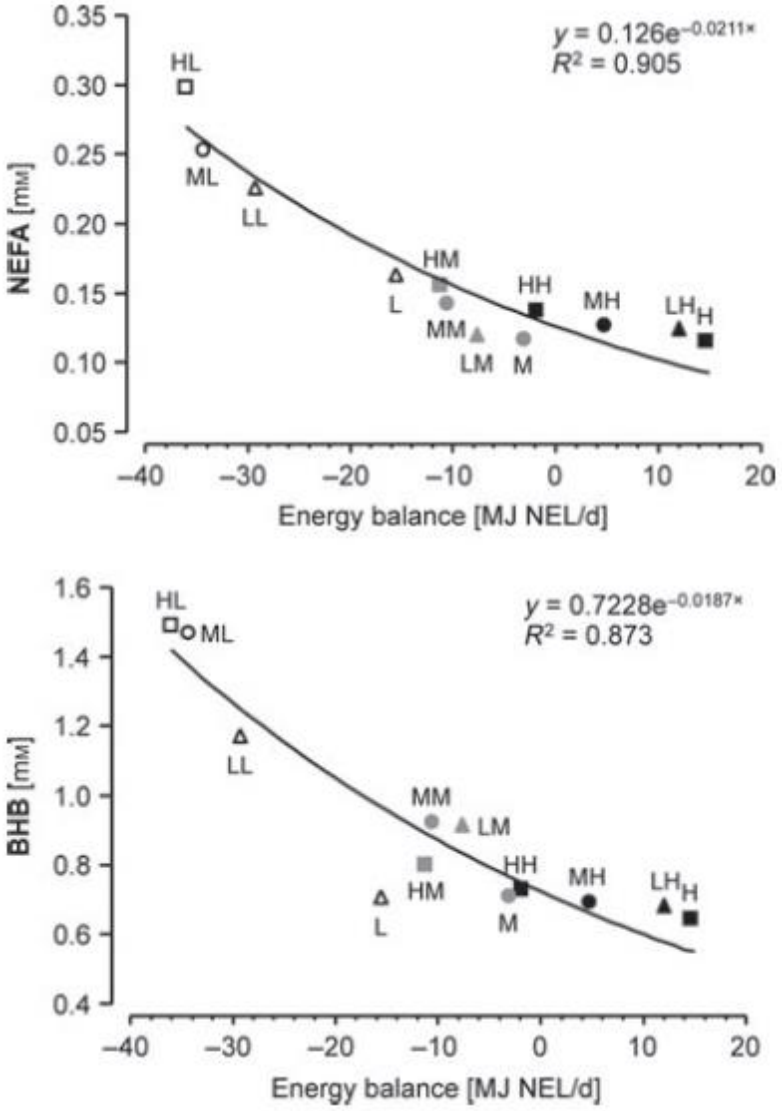
از طرف دیگر باید به یاد داشت که تغییر در دام ها به طور انفرادی، یعنی تاثیر ژنتیکی، می تواند منجر به تفاوت های قابل توجهی در مقادیر NEFA و BHB ، علی رغم توازن انرژی مشابه بعد از زایش شود. ون دورلند و همکاران (۲۰۱۲)، بیان کردند که تنظیم هورتیکی متابولیسم چربی حتی در سطح مولکولی هم وجود دارد.

جدول ۵. همبستگی پیرسون میزان گلوکز، NEFA و BHB با توازن انرژی طی دوره های آزمایشی متفاوت

دوره	r	p	دوره	r	p
قبل از زایش			بعد از زایش		
گلوکز	۰/۶۱۴	<۰/۰۰۱	گلوکز	۰/۷۲۹	<۰/۰۰۱
NEFA	-۰/۵۸۴	<۰,۰۰۱	NEFA	-۰/۸۵۵	<۰/۰۰۱
BHB	-۰/۳۴۰	۰/۰۴۳	BHB	-۰/۶۹۱	<۰/۰۰۱
انتقال			کل دوره آزمایش		
گلوکز	۰/۷۶۴	<۰/۰۰۱	گلوکز	۰/۷۳۵	<۰/۰۰۱
NEFA	-۰/۹۴۲	<۰/۰۰۱	NEFA	-۰/۸۳۹	<۰/۰۰۱
BHB	-۰/۶۹۱	<۰/۰۰۱	BHB	-۰/۶۸۶	<۰/۰۰۱

دوره ها: قبل از زایش= اواخر شیردهی و دوره خشکی (۸۴ روز قبل از زمان مورد انتظار زایش تا زایمان)، انتقال= ۳ هفته قبل تا ۳ هفته بعد از زایش، بعد از زایش= روز ۱ تا ۱۰۵ شیردهی، کل دوره آزمایشی= ۸۴ روز قبل از زایش تا روز ۱۰۵ شیردهی

تعیین ترکیب متابولیکی، علی رغم چالش های پیش رو هنگام تفسیر نتایج نمونه های خون، دوباره روز به روز اهمیت بیشتری پیدا می کند. برای مثال، دقت پایین در تخمین توازن انرژی در گاوها به طور انفرادی و اندازه نمونه حاصل، باید توازن انرژی را با هر دقتی در سطح گله تخمین بزند. یک آزمایش الکترونیکی در کنار گاو با استفاده از خون کامل برای تشخیص کتوز تحت بالینی در گاوهای شیری، به طور موفقیت آمیزی مورد آزمایش و تایید قرار گرفته است. بر خلاف معیارهایی مانند نمره بدنی یا ضخامت چربی پشت، که ممکن است وضعیت فعلی جیره و گله را به دلیل طبیعت گذشته نگر، منعکس نکند، تعیین ترکیب متابولیکی، وضعیت واقعی گله را مشخص می نماید. کرونشنابل(۲۰۱۰)، اخیرا مقادیر مرجع و فاصله زمانی جدیدی را برای فراسنجه های خونی برای گاوهای هلشتاین و سیمنتال منتشر کرده است. استفاده از نرم افزار برای این داده ها، برنامه های ارزیابی گله را به عنوان یک ابزار مدیریتی برای گاوهای شیری پر تولید، بهبود می دهد.



شکل ۴. ارتباط بین مقادیر NEFA و BHB و توازن انرژی گاوهای چند شکم تغذیه شده با جیره هایی که سطح انرژی کم، متوسط یا بالا، قبل و بعد از زایش تامین می کند. مقادیر نشان داده شده، میانگین حداقل مربعات اثرات اصلی است. تیمارها: L= تامین انرژی (E) کم قبل از زایش (PRE) ؛ M= EPRE متوسط؛ H= EPRE بالا؛

LL= تامین انرژی کم، قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش، LM= انرژی کم قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ LH= انرژی کم قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ ML= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی کم بعد از زایش؛ MM= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ MH= انرژی متوسط قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش؛ HL= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی پایین بعد از زایش؛ HM= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی متوسط بعد از زایش؛ HH= انرژی بالا قبل از زایش، انرژی بالا بعد از زایش.

نتیجه گیری

گاوهایی که در دوره قبل از زایش، کم تغذیه شده بودند، مقادیر NEFA سرم بالاتری داشتند که نشان دهندۀ فراخوانی ذخایر بدن قبل از زایش می باشد. در مقایسه با گاوهایی که انرژی بیش از حد قبل از زایش دریافت کردند، محدودیت غذایی منجر به توازن انرژی کمتر منفی بعد از زایش شد. اثرات متابولیکی این تغذیۀ دوره خشکی، در دوره شیردهی جزئی بود ولی مقادیر NEFA پایین تر، منعکس کننده سازگاری بهتر به فراخوانی بافت چربی در اوایل شیردهی می باشد. تغذیه زیر احتیاجات انرژی بعد از زایش، شدت و مدت توازن انرژی منفی را افزایش داده و مقادیر NEFA پلاسما را بالا برد. مقدار BHB در گاوهایی که مطابق با احتیاجات انرژی تغذیه شده بودند، هنوز بالا بود. اثر متقابل بین سطح تغذیه قبل و بعد از زایش روی توازن انرژی، بعد از زایش مشاهده شد که بیان می کند کنترل دریافت انرژی طی دوره خشکی می تواند برای وضعیت انرژی گاوهای شیری در ابتدای شیردهی مفید باشد. با این حال، تا حدی کاهش در تولید شیر باید لحاظ گردد. نتایج، ارتباط مشخص بین توازن انرژی و متابولیت های خونی NEFA و BHB را به خصوص در دوره انتقال، نشان می دهد.

منبع:

Urdl1, M., L. Gruber1 , W. Obritzhauser and A. Schauer ,Metabolic parameters and their relationship to energy balance in multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in the periparturient period as influenced by energy supply pre- and post-calving, 2014, Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.

پایان