

## بررسی غلظت سرمی عناصر معدنی و هورمون‌های تیروئیدی اسبچه‌های خزر با جیره‌های متفاوت غذایی

احمد قربانی<sup>۱</sup>، حسن درمانی‌کوهی<sup>۲\*</sup> و اردشیر محیط<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۴

### چکیده

به رغم این که عناصر معدنی در هورمون‌ها، آنزیم‌ها، بافت‌ها و مایعات بدن وجود دارند، اما در بدن ساخته نمی‌شوند و باید توسط جیره‌ی غذایی تأمین شوند. در این تحقیق هدف شناسایی مقادیر مبنای غلظت سرمی عناصر معدنی شامل کلسیم، مس، آهن، پتاسیم، منیزیم، سدیم، فسفر، گوگرد و روی و هورمون‌های تیروئیدی (T3، T4، FT3، FT4 و TSH) اسبچه‌های خزر در شرایط متفاوت تغذیه، سن، جنس و ارتباط بین آن‌ها بوده است. این تحقیق با استفاده از ۱۲ رأس اسبچه‌ی خزر و طرح آماری چرخشی متوازن در سه دوره-ی آزمایشی (هر یک ۵۶ روز، فاصله‌ی بین دوره‌ها ۷ روز)، ۴ تیمار (جیره‌های غذایی)، ۹ تکرار در هر تیمار و ۴ بلوک (ترکیب دو جنس و دو گروه سنی کمتر و بیش‌تر از ۳ سال) اجرا شد. تیمارها شامل استفاده از مکمل عناصر معدنی در سطوح صفر و ۴/۸۶ درصد و ماده‌ی خشک مصرفی روزانه در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ درصد احتیاجات بود. در انتهای دوره‌های آزمایشی از اسب‌ها نمونه‌ی خون گرفته شد. عناصر معدنی با روش طیف سنجی نشر نوری-پلاسمای جفت شده‌ی القایی و هورمون‌های تیروئیدی به وسیله‌ی کیت‌های الیزا مخصوص اسب اندازه‌گیری شدند. غلظت سرمی T3، T4، FT3 و TSH و نسبت T3/T4 در مادیان‌ها بیش‌تر از نریان‌ها بود. اثرات سن و جیره‌ها بر روی هورمون‌های تیروئیدی معنی‌دار نبود. اثر جیره‌های غذایی بر غلظت سرمی مس معنی‌دار بود. ضرایب همبستگی غلظت سرمی T3 با Ca/K (۰/۳۷۷) و T4 با Ca/K (۰/۳۳۱) قابل توجه و معنی‌دار بود. به علت مکانیسم هموستازی بدن در حیوان سالم، به غیر از مس، غلظت سرمی سایر عناصر معدنی مورد مطالعه و غلظت سرمی هورمون‌های تیروئیدی در دوره‌های آزمایشی تحت تأثیر جیره‌های غذایی قرار نگرفتند. همچنین نسبت عناصر معدنی به یکدیگر، در مقایسه با عناصر معدنی به صورت انفرادی، همبستگی بیش‌تری با غلظت سرمی هورمون‌های تیروئیدی در اسب داشت.

**کلمات کلیدی:** اسبچه‌ی خزر، عناصر معدنی، هورمون‌های تیروئیدی، الیزا، طیف سنجی نشر نوری-پلاسمای جفت شده‌ی القایی

### مقدمه

سیستمی آن (خون) در اسب ارتباط وجود دارد (Asano et al. 2005). همچنین، بین سطوح عناصر معدنی ضروری در بدن با بیماری‌ها، اختلالات متابولیکی، آلودگی‌های محیطی و وضعیت تغذیه نیز همبستگی وجود دارد (Namkoong et al. 2013).

برای عملکرد صحیح هورمون‌های تیروئیدی، لازم است عناصر معدنی خاص و مرتبط با روندهای متابولیکی آن نیز در بدن به مقدار لازم وجود داشته باشند (Kohrle 2005).

اسبچه‌ی خزر قدیمی‌ترین نژاد در بین اسب‌های کوچک جثه‌ی جهان به شمار می‌رود. این اسب کوچک جثه در سال ۱۳۴۴ در شمال ایران شناسایی مجدد شد (Hendricks 2007). جیره‌های غذایی مورد استفاده در تغذیه‌ی اسب‌ها اغلب از نظر مقدار عناصر معدنی، به خصوص عناصر معدنی پر نیاز نامتوازن هستند (Galik et al. 2012). گزارش شده است بین غلظت برخی عناصر معدنی در نمونه‌های بیولوژیکی مانند تار مو و سطوح

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری تغذیه‌ی دام، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

<sup>۲\*</sup> دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

<sup>۳</sup> استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

E-mail: darmani\_22000@yahoo.com (نویسنده‌ی مسئول)

اهداف اجرای تحقیق حاضر عبارتند از (۱) تعیین مقادیر سرمی عناصر معدنی سرم خون [کلسیم، مس، آهن، پتاسیم، منیزیم، سدیم، فسفر، گوگرد و روی] و هورمون‌های تیروئیدی [تیروکسین (T4)، تری‌یدو تیرونین (T3)، تیروکسین آزاد (FT4)، تری‌یدو تیرونین آزاد (FT3) و هورمون محرک تیروئید (TSH)] در اسبچه‌ی خزر، (۲) بررسی اثرات غلظت عناصر معدنی جیره، سن و جنس بر غلظت سرمی عناصر معدنی و هورمون‌های تیروئیدی و (۳) ارزیابی میزان همبستگی بین غلظت‌های سرمی عناصر معدنی با هورمون‌های تیروئیدی.

### مواد و روش کار

در تحقیق حاضر از تعداد ۱۲ رأس اسبچه‌ی خزر دارای شناسنامه‌ی بین‌المللی استفاده شد. حیوانات شامل ۳ رأس نریان کم‌تر از ۳ سال، ۳ رأس نریان ۳ سال و بیش‌تر، ۳ رأس مادبان کم‌تر از ۳ سال و ۳ رأس مادبان ۳ سال و بیش‌تر بود. این تحقیق از دی ماه ۱۳۹۲ تا تیر ماه ۱۳۹۳ روی اسبچه‌های خزر متعلق به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان اجرا شد. دوره‌ی عادت‌پذیری اولیه‌ی اسبچه‌ها ۶۰ روز بود. در این مدت اسبچه‌ها به اصطبل سرپوشیده با جایگاه‌های انفرادی (ابعاد ۳ متر در ۳ متر) انتقال و با جیره‌ی معمول مرکز تغذیه شدند. در ۷ روز پایانی دوره‌ی عادت‌پذیری به تدریج جیره‌های آزمایشی در اختیار اسبچه‌ها قرار گرفت. به طوری که از ابتدای دوره‌ی آزمایشی اول اسبچه‌ها فقط با جیره‌های آزمایشی تنظیم شده بر اساس جدول NRC منتشر شده در سال ۲۰۰۷ میلادی (NRC 2007) تغذیه شدند (جداول ۱ و ۲). نیمی از جیره‌ی (یونجه و مواد متراکم) پیش‌بینی شده‌ی روزانه، به ترتیب در ساعت‌های ۸ و ۱۰ صبح و نیمی دیگر از آن‌ها به ترتیب در ساعت‌های ۱۶ و ۱۸ عصر به حیوان‌ها خورانده می‌شد. شرایط تغذیه و مدیریت اسبچه‌ها یکسان بود.

در پژوهش حاضر طرح آماری چرخشی متوازن، در ۳ دوره‌ی آزمایشی (هر دوره ۵۶ روز، فاصله‌ی بین دوره‌ها

اثرات سلنیم، کبالت، مس، روی، آهن و منگنز در ساختمان غده‌ی تیروئید و فعالیت آن پیش‌تر مشخص شده است. برای عملکرد صحیح هورمون‌های تیروئیدی، لازم است عناصر معدنی خاص و مرتبط با روندهای متابولیکی آن نیز در بدن به مقدار لازم وجود داشته باشند (Kohrle 2005). اثرات سلنیم، کبالت، مس، روی، آهن و منگنز در ساختمان غده‌ی تیروئید و فعالیت آن پیش‌تر مشخص شده است (Kubasova and Kubasov, 2007). انتقال هورمون‌های تیروئیدی در سلول‌های حیوانات مختلف از طریق پمپ‌های انرژی وابسته به سدیم صورت می‌گیرد (Hennemann et al. 2001). سولفات‌ها شدن از مراحل برگشت‌ناپذیر در جهت غیرفعال نمودن هورمون‌های تیروئید به شمار می‌رود (Visser 1994) و نقش مهمی در هموستاز این هورمون‌ها دارد (Richard et al. 2001). گزارش شده است که در بیماران مبتلا به گواتر با اضافه نمودن روی به جیره‌ی غذایی (بعد از گذشت ۶ ماه) غلظت سرمی هورمون‌های تیروئیدی و وضعیت روی در بدن بهبود یافت (Kandhro et al. 2009). در ارزیابی داده‌های کلینیکی، به منظور اجتناب از تشخیص غلط مبنی بر فعالیت غیرطبیعی غده‌ی تیروئید، مقادیر مرجع غلظت هورمون‌های تیروئیدی به طور اختصاصی برای هر گونه‌ی حیوانی باید تعیین شود.

مقادیر هورمون‌های تیروئیدی تحت شرایط تغذیه‌ی مختلف و ارتباط آن با غلظت سرمی عناصر معدنی در اسبچه‌ی خزر تا کنون گزارش نشده است. همچنین از آن جایی که برای اغلب پرورش‌دهندگان اسب، امکان تأمین کافی مواد خوراکی و استفاده از مکمل معدنی در جیره‌ی غذایی اسب همیشه در طول سال وجود ندارد، اسب‌ها دچار سوء تغذیه می‌شوند. در نتیجه، سوخت و ساز بدن دستخوش تغییر شده و سطح هورمون‌های تیروئیدی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابراین ضرورت دارد در شرایط بحران غذایی (محدودیت سطح مصرف خوراک روزانه و عدم استفاده از مکمل معدنی)، عناصری که بیش‌ترین ارتباط با هورمون‌های تیروئیدی دارند را شناسایی و مورد توجه قرار داد.

وضعیت ناشتا مقدار ۹ میلی لیتر خون از ناحیه سیاهرگ گردنی گرفته شد. در ادامه نمونه‌ها حداقل یک ساعت در دمای طبیعی اتاق (۲۲ درجه سانتی‌گراد) بدون حرکت قرار داده شدند تا لخته تشکیل شود. برای جداسازی سرم از سانتریفوژ با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. سرم‌ها به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری منتقل و تا هنگام تجزیه در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Abdel-Fattah et al. 2008, Nazeri et al. 2014).

برای تعیین غلظت عناصر معدنی، نمونه‌های سرم با روش استاندارد (ASTM D4638-03) آماده‌سازی شد (ASTM 2004). غلظت سرمی عناصر معدنی با روش طیف‌سنجی نشر نوری-پلاسمای جفت شده القایی<sup>۱</sup> (ICP-OES) و به وسیله دستگاه طیف‌سنج مدل ICAP Series 6500 در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تهران اندازه‌گیری شد (Karbasi et al. 2009).

۷ روز)، ۴ تیمار (جیره‌های آزمایشی)، ۹ تکرار در هر تیمار و ۴ بلوک (بر اساس ۲ جنس و ۲ گروه سنی ۱ تا ۳ سال و بیش‌تر از ۳ سال) به کار برده شد. جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از (۱) جیره‌ی حاوی صفر درصد مکمل عناصر معدنی و میزان ماده‌ی خشک مصرفی روزانه ۱۰۰ درصد احتیاجات، (۲) جیره‌ی حاوی ۴/۸۶ درصد مکمل عناصر معدنی و میزان ماده‌ی خشک مصرفی روزانه ۱۰۰ درصد احتیاجات، (۳) جیره‌ی صفر درصد مکمل عناصر معدنی و میزان ماده‌ی خشک مصرفی روزانه ۵۰ درصد احتیاجات و (۴) جیره‌ی حاوی ۴/۸۶ درصد مکمل عناصر معدنی و میزان ماده‌ی خشک مصرفی روزانه ۵۰ درصد احتیاجات. برای تجزیه‌ی آماری داده‌ها از رویه‌های GLM و CORR نرم‌افزار SAS و برای مقایسه بین میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح ۵ درصد استفاده شد (SAS 2008).

برای تهیه‌ی نمونه‌های سرم، در پایان هر یک از ۳ دوره‌ی آزمایشی، در ساعت ۸ صبح از همه‌ی حیوانات در

جدول ۱: اجزای جیره‌های آزمایشی

اجزای جیره (بر اساس ۱۰۰ درصد ماده‌ی خشک)	جیره ۱ (۰ و ۱۰۰) <sup>a</sup>	جیره ۲ (۴/۸۶ و ۱۰۰)	جیره ۳ (۰ و ۵۰)	جیره ۴ (۴/۸۶ و ۵۰)
یونجه خشک	۵۱/۴۶	۴۹/۳۳	۵۱/۴۶	۴۹/۳۳
دانه جو	۴۶/۶۹	۴۴/۷۵	۴۶/۶۹	۴۴/۷۵
سبوس گندم	۰/۷۵	-	۰/۷۵	-
دی کلسیم فسفات	-	۱/۳۶	-	۱/۳۶
کلرید سدیم	-	۱/۳	-	۱/۳
<sup>b</sup> مکمل عناصر معدنی	-	۲/۲	-	۲/۲
<sup>c</sup> مکمل ویتامین	۱/۱	۱/۰۶	۱/۱	۱/۰۶

<sup>a</sup> اعداد داخل پرانتز به ترتیب بیانگر درصد مکمل مواد معدنی و سطح ماده‌ی خشک مصرفی روزانه از جیره‌ی مربوطه است. برای مثال (۰ و ۱۰۰) بیانگر صفر درصد مکمل مواد معدنی در جیره و نسبت ماده‌ی خشک مصرفی روزانه به ۱۰۰ درصد احتیاجات است.

<sup>b</sup> ترکیب مکمل معدنی (بر اساس ماده‌ی خشک): کلسیم ۶/۵ درصد، منیزیم ۱۲ درصد، سدیم ۴/۵ درصد، پتاسیم ۰/۵ درصد، مس ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، ید ۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم، منگنز ۱۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و روی ۷۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم.

<sup>c</sup> ترکیب مکمل ویتامین (بر اساس ماده‌ی خشک): ویتامین A ۲۷۰۰۰۰ واحد بین المللی در کیلوگرم، ویتامین D ۶۰۰۰۰ واحد بین المللی در کیلوگرم، ویتامین E ۹۰۰۰ واحد بین المللی در کیلوگرم، تیامین ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و ریبو فلاوین ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم.

## 1- Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)

جدول ۲: ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی

جیره ۴ (۵۰ و ۴/۸۶)	جیره ۳ (۵۰ و ۰)	جیره ۲ (۱۰۰ و ۴/۸۶)	جیره ۱ (۰ و ۱۰۰) <sup>a</sup>	تجزیه شیمیایی (بر اساس ۱۰۰ درصد ماده‌ی خشک)
۹۲/۹۲	۹۲/۷۹	۹۲/۹۲	۹۲/۷۹	ماده‌ی خشک، درصد
۲/۹۳	۳/۰۵	۲/۹۳	۳/۰۵	انرژی قابل هضم (مگا کالری در کیلوگرم)
۱۲/۵۱	۱۳/۰۴	۱۲/۵۱	۱۳/۰۴	پروتئین خام (درصد)
۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۶۵	لازین (درصد)
۱/۳	۰/۸۹	۱/۳	۰/۸۹	کلسیم (درصد)
۰/۵۲	۰/۲۷	۰/۵۲	۰/۲۷	فسفر (درصد)
۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۲۵	منیزیم (درصد)
۰/۶۷	۰/۰۶	۰/۶۷	۰/۰۶	سدیم (درصد)
۱/۱۷	۰/۴۰	۱/۱۷	۰/۴۰	کلر (درصد)
۱/۵۹	۱/۶۴	۱/۵۹	۱/۶۴	پتاسیم (درصد)
۲۲۴/۵۳	۲۳۴/۱۷	۲۲۴/۵۳	۲۳۴/۱۷	گوگرد (میلی گرم در کیلوگرم)
۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۴	کبالت (میلی گرم در کیلوگرم)
۴۵/۵۳	۱۳/۱۳	۴۵/۵۳	۱۳/۱۳	مس (میلی گرم در کیلوگرم)
۰/۶۷۸	۰/۱۱۲	۰/۶۷۸	۰/۱۱۲	ید (میلی گرم در کیلوگرم)
۲۸۹/۱۴	۳۰۱/۴۸	۲۸۹/۱۴	۳۰۱/۴۸	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)
۷۴/۹۳	۳۴/۵۸	۷۴/۹۳	۳۴/۵۸	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)
۱۸۵/۷۹	۲۸/۸۵	۱۸۵/۷۹	۲۸/۸۵	روی (میلی گرم در کیلوگرم)
۰/۳۷۱	۰/۳۸۷	۰/۳۷۱	۰/۳۸۷	سولفور (میلی گرم در کیلوگرم)
۲۸۷۳	۲۹۹۶	۲۸۷۳	۲۹۹۶	ویتامین A (واحد بین المللی در کیلوگرم)
۶۳۳/۷۴	۶۶۱	۶۳۳/۷۴	۶۶۱	ویتامین D (واحد بین المللی در کیلوگرم)
۹۵/۴۹	۹۹/۵۸	۹۵/۴۹	۹۹/۵۸	ویتامین E (واحد بین المللی در کیلوگرم)
۶/۵۱	۶/۷۸	۶/۵۱	۶/۷۸	تیامین (میلی گرم در کیلوگرم)
۳/۷۸	۳/۹۲	۳/۷۸	۳/۹۲	ریبوفلاوین (میلی گرم در کیلوگرم)

<sup>a</sup> اعداد داخل پرانتز به ترتیب بیانگر درصد مکمل مواد معدنی و سطح ماده‌ی خشک مصرفی روزانه از جیره‌ی مربوطه است. برای مثال (۰ و ۱۰۰) بیانگر صفر درصد مکمل مواد معدنی در جیره و ماده‌ی خشک مصرفی روزانه به میزان ۱۰۰ درصد احتیاجات است.

### نتایج

میانگین میزان مصرف روزانه‌ی عناصر معدنی، غلظت سرمی هورمون‌های تیروئیدی و غلظت سرمی عناصر معدنی، حاصل از ۳۶ مشاهده طی سه دوره‌ی آزمایشی از ۱۲ رأس اسبچه‌ی خزر، به ترتیب در جداول ۳، ۴ و ۵ درج شده است. همچنین حدود رفرنس هورمون‌های

برای تعیین غلظت هورمون‌های تیروئیدی از کیت‌های تجاری الیزا مخصوص اسب (ساخت شرکت Eastbiopharm)، روش الیزا-ساندویچ و پلیت‌های پوشش داده شده با آنتی‌بادی استفاده شد (Crowther 2000). جذب نوری پلیت الیزا در طول موج ۴۵۰ نانومتر به وسیله‌ی دستگاه الیزا ریدر (Tecan Sunrise) قرائت شد.

مشاهده می‌شود ( Latimer et al. 2003, Baptista et al. 2012, Brosnahan et al. 2012, de Souza et al. 2014).

تیروئیدی اسب‌های بالغ در جدول ۴ (Walton 2013) و حدود رفرنس عناصر معدنی سرم خون اسب در جدول ۵

جدول ۳: میزان مصرف انرژی و مواد مغذی روزانه در اسبچه‌های خزر در تیمارهای مختلف آزمایشی

میزان مصرف (به ازای ۱۰۰ کیلوگرم وزن زنده در روز)	جیره ۱ (۰ و ۱۰۰) <sup>a</sup>	جیره ۲ (۴/۸۶ و ۱۰۰)	جیره ۳ (۰ و ۵۰)	جیره ۴ (۴/۸۶ و ۵۰)
پروتئین (گرم)	۱۳۵/۵۱	۱۳۵/۶	۶۷/۷۵	۶۷/۸
انرژی قابل هضم (مگا کالری)	۳/۱۷	۳/۱۸	۱/۵۹	۱/۵۹
لایزین (گرم)	۶/۷۴	۶/۷۴	۳/۳۷	۳/۳۷
کلسیم (گرم)	۹/۳	۱۴/۰۹	۴/۶۵	۷/۰۵
فسفر (گرم)	۲/۸۵	۵/۶۶	۱/۴۳	۲/۸۳
منیزیم (گرم)	۲/۶۱	۵/۴۷	۱/۳	۲/۷۳
سدیم (گرم)	۰/۶۴	۷/۲۴	۰/۳۲	۳/۶۲
کلر (گرم)	۴/۱۲	۱۲/۶۳	۲/۰۶	۶/۳۲
پتاسیم (گرم)	۱۷/۰۸	۱۷/۲	۴	۸/۶
گوگرد (میلی گرم)	۲۴۳/۳۳	۲۴۳/۳۴	۱۲۱/۶۶	۱۲۱/۶۷
کبالت (میلی گرم)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۱۲
مس (میلی گرم)	۱۳/۶۴	۴۹/۳۴	۶/۸۲	۲۴/۶۷
ید (میلی گرم)	۰/۱۲	۰/۷۴	۰/۰۶	۰/۳۷
آهن (میلی گرم)	۳۱۳/۲۷	۳۱۳/۳۸	۱۵۶/۶۴	۱۵۶/۶۹
منگنز (میلی گرم)	۳۵/۹۳	۸۱/۲۱	۱۷/۹۶	۴۰/۶۱
روی (میلی گرم)	۲۹/۹۸	۲۰۱/۳۶	۱۴/۹۹	۱۰۰/۶۸
سلنیم (میلی گرم)	۰/۴	۰/۴	۰/۲	۰/۲
ویتامین A (واحد بین المللی)	۳۱۱۳	۳۱۱۳	۱۵۵۶/۵	۱۵۵۶/۸۹
ویتامین D (واحد بین المللی)	۶۸۶/۸۶	۶۸۶/۸۶	۳۴۳/۴۳	۳۴۳/۴۳
ویتامین E (واحد بین المللی)	۱۰۳/۴۸	۱۰۳/۵	۵۱/۷۴	۵۱/۷۵
تیامین (میلی گرم)	۷/۰۵	۷/۰۵	۳/۵۲	۳/۵۳
ریبوفلاوین (میلی گرم)	۴/۰۸	۴/۰۸	۲/۰۴	۲/۰۴

<sup>a</sup> اعداد داخل پرانتز به ترتیب بیانگر درصد مکمل مواد معدنی و سطح ماده‌ی خشک مصرفی روزانه از جیره‌ی مربوطه است. برای مثال (۰ و ۱۰۰) بیانگر صفر درصد مکمل مواد معدنی در جیره و ماده‌ی خشک مصرفی روزانه به میزان ۱۰۰ درصد احتیاجات است.

جدول ۴: دامنه‌ی تغییرات هورمون‌های تیروئیدی در اسبچه‌ی خزر و مقایسه‌ی آن با اسب (تعداد مشاهده = ۳۶)

هورمون‌های تیروئیدی	اسبچه خزر	اسب <sup>۱</sup>
تری‌یدوتیرونین (T3, pg/ml)	۲۳۷ - ۸۵۶	۱۹۵ - ۱۸۳۳
تیروکسین (تترا‌یدوتیرونین) (T4, ng/ml)	۱۱ - ۲۵	۴/۶۶ - ۳۵/۷۴
تری‌یدوتیرونین آزاد (FT3, pmol/L)	۰/۹۷ - ۲/۴۲	۰/۱ - ۵/۹
تیروکسین آزاد (FT4, pmol/L)	۲/۱۹ - ۵/۰۲	۶ - ۲۱
هورمون محرک تیروئید (تیروتروپین) (TSH, mIU/L)	۱/۲۰ - ۵/۱۸	۰/۰۹۴ - ۴/۵۸
نسبت تری‌یدوتیرونین به تیروکسین (T3/T4)	۱۵/۲۲ - ۴۸/۴۷	۵/۴۶ - ۳۹۳

\* منبع (Walton 2013)

جدول ۵: دامنه‌ی تغییرات غلظت سرمی عناصر معدنی در اسبچه‌ی خزر و مقایسه‌ی آن با اسب

(میلی‌گرم در لیتر، تعداد مشاهده = ۳۶)

عناصر معدنی	اسبچه خزر	اسب
کلسیم	۱۱۷/۹۵ - ۲۳۶/۷۵	۱۰۲-۱۳۴ <sup>۱</sup> ۲۰۲-۲۱۳ <sup>۳</sup>
مس	۱/۰۵ - ۳/۶۵	۰/۲۷ - ۶/۲۱ <sup>۲</sup>
آهن	۳/۹۸ - ۵۹/۴۲	۱/۰۵ - ۴/۷۷ <sup>۴</sup>
پتاسیم	۱۳۳/۷۳ - ۳۶۴/۹۶	۲۹-۴۶ <sup>۱</sup>
منیزیم	۱۷/۲۳ - ۴۷/۲۶	۱۴-۲۳ <sup>۱</sup> ۵۱-۷۵ <sup>۳</sup>
سدیم	۳۳۱۹ - ۶۳۶۲	۱۹۵۵ - ۲۰۱۳ <sup>۳</sup>
فسفر	۱۰۴/۸۶ - ۲۸۴/۷۳	۱۵-۴۷ <sup>۱</sup>
گوگرد	۲۳۵۴ - ۴۹۹۵	۱۶۲۸ - ۱۷۳۰ <sup>۳</sup>
روی	۰/۸۴ - ۸/۵۱	۰/۲۴۰ - ۲/۱۴۵ <sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> Latimer et al. 2003 <sup>۲</sup> de Souza et al. 2014

<sup>۳</sup> Baptista et al. 2012 <sup>۴</sup> Brosnahan et al. 2012

نتایج به دست آمده (جدول ۷) نشان داد که غلظت سرمی T3، T4، FT3، TSH و نسبت T3/T4 در مادیان‌ها بیش‌تر از نریان‌ها بود ( $p < 0/05$ ). در ضمن، اثرات سن و جیره‌ها روی هورمون‌های تیروئیدی معنی‌دار نبود.

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۶) اثر جیره‌های غذایی بر غلظت سرمی مس معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). غلظت‌های سرمی مس و فسفر در اسبچه‌های جوان بیش‌تر از اسب‌های بالغ و همچنین غلظت سرمی مس در مادیان‌ها بیش‌تر از نریان‌ها بود ( $p < 0/05$ ).

جدول ۶: میانگین غلظت عناصر معدنی سرم خون اسبچه‌های خزر به تفکیک جیره‌های آزمایشی، گروه‌های سنی و جنس (گرم در لیتر)

کلسیم	مس	آهن	پتاسیم	منیزیم	سدیم	فسفر	گوگرد	روی	
جیره های آزمایشی									
۱۶۵/۸۰	۲/۵۶ <sup>a</sup>	۱۲/۰۴	۲۵۵/۰۸	۲۸/۴۸	۴۶۸۰	۱۶۴/۴۱	۳۴۷۸	۱/۴۷۳	جیره ۱ (۰ و ۱۰۰) <sup>۱</sup>
۱۵۸/۱۱	۲/۲۵ <sup>a</sup>	۹/۲۳	۲۲۷/۱۱	۲۹/۹۶	۴۴۲۵	۱۴۱/۱۷	۳۵۴۴	۱/۸۲۱	جیره ۲ (۴/۸۶ و ۱۰۰)
۱۸۲/۵۳	۱/۷۶ <sup>b</sup>	۷/۲۵	۲۶۴/۴۴	۳۴/۴۴	۴۹۴۱	۱۶۸/۴۱	۳۹۶۴	۱/۸۴۲	جیره ۳ (۰ و ۵۰)
۱۶۰/۹۶	۱/۷۰ <sup>b</sup>	۹/۰۹	۲۲۴/۴۷	۲۸/۱	۴۲۲۱	۱۴۹/۴۲	۳۳۵۵	۲/۴۵۴	جیره ۴ (۴/۸۶ و ۵۰)
۹/۴۳	۰/۱۸۹	۳/۸۰	۱۳/۷۰	۲/۱۶	۲۲۰/۱۶	۱۱/۳۳	۱۸۷/۷	۰/۴۵	خطای معیار میانگین‌ها <sup>۲</sup>
گروه سنی									
۱۶۹/۶۵	۲/۲۳ <sup>a</sup>	۱۰/۷۹	۲۵۷/۱۹	۲۹/۶۸	۴۵۸۴	۱۷۳/۸۷ <sup>a</sup>	۳۴۹۷	۱/۶۶۵	۱ تا ۳ سال (جوان)
۱۶۴/۰۴	۱/۸۹ <sup>b</sup>	۸/۰۱۲	۲۲۸/۳۶	۳۰/۸۱	۴۵۵۰	۱۳۷/۸۳ <sup>b</sup>	۳۶۷۴	۲/۱۲۹	۳ سال و بیشتر
۶/۶۷	۰/۱۳۳	۲/۶۹	۹/۶۹	۱/۵۳	۱۵۵/۶۸	۸/۰۱	۱۳۲/۷	۰/۳۲	خطای معیار میانگین‌ها
جنس									
۱۷۰/۸۶	۱/۸۴ <sup>a</sup>	۷/۵۳	۲۳۵/۹۷	۳۱/۴۲	۴۷۱۰	۱۵۲/۰۴	۳۷۱۲	۲/۰۲۴	نریان
۱۶۲/۸۳	۲/۲۹ <sup>b</sup>	۱۱/۲۷	۲۴۹/۵۸	۲۹/۰۸	۴۴۲۵	۱۵۹/۶۶	۳۴۵۹	۱/۷۷۱	مادیان
۶/۶۷	۰/۱۳۳	۲/۶۹	۹/۶۹	۱/۵۳	۱۵۵/۶۸	۸/۰۱	۱۳۲/۷	۰/۳۲	خطای معیار میانگین‌ها

جدول ۷: میانگین غلظت هورمون‌های تیروئیدی سرم خون در اسبچه‌های خزر به تفکیک جیره‌های آزمایشی، گروه‌های سنی و جنس

T3, pg/ml	T4, ng/ml	FT3, pmol/L	FT4, pmol/L	TSH, mIU/L	نسبت T4 به T3	
جیره های آزمایشی						
۴۳۳/۵۵	۱۵/۸۶	۱/۶۳	۳/۶۰	۲/۴۴	۲۶/۷۸	جیره ۱ (۰ و ۱۰۰) <sup>۱</sup>
۴۴۰/۱۰	۱۵/۱۳	۱/۴۰	۳/۶۴	۲/۴۱	۲۸/۸۶	جیره ۲ (۴/۸۶ و ۱۰۰)
۴۱۳/۷۹	۱۵/۷۷	۱/۴۱	۳/۳۸	۲/۱۹	۲۶/۰۶	جیره ۳ (۰ و ۵۰)
۳۸۵/۳۸	۱۴/۷۴	۱/۳۳	۳/۵۸	۲/۳۳	۲۷/۱۰	جیره ۴ (۴/۸۶ و ۵۰)
۲۹/۲۶	۰/۴۵	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۲۲	۱/۵۵	خطای معیار میانگین‌ها <sup>۲</sup>
گروه سنی						
۴۱۷/۴۶	۱۵/۰۳	۱/۴۸	۳/۶۱	۲/۴۱	۲۸/۲۷	۱ تا ۳ سال (جوان)
۴۱۸/۹۵	۱۵/۷۲	۱/۴۰	۳/۴۸	۲/۲۷	۲۶/۱۳	۳ سال و بیش تر
۲۰/۶۹	۰/۳۲	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۵	۱/۰۹۷	خطای معیار میانگین‌ها
جنس						
۳۴۸/۷۸ <sup>b</sup>	۱۴/۸۳ <sup>b</sup>	۱/۳۳ <sup>b</sup>	۳/۵۴	۱/۹۷ <sup>b</sup>	۲۳/۷۴ <sup>a</sup>	نریان
۴۸۷/۶۲ <sup>a</sup>	۱۵/۹۲ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>a</sup>	۳/۵۶	۲/۷۲ <sup>a</sup>	۳۰/۶۶ <sup>b</sup>	مادیان
۲۰/۶۹	۰/۳۲	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۵	۱/۰۹۷	خطای معیار میانگین‌ها

در جداول فوق :

<sup>۱</sup> اعداد داخل پرانتز به ترتیب بیان‌گر درصد مکمل مواد معدنی و سطح ماده‌ی خشک مصرفی روزانه از جیره‌ی مربوطه است. برای مثال (۰ و ۱۰۰) بیان‌گر صفر درصد مکمل مواد معدنی و ماده‌ی خشک مصرفی بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز است.

<sup>۲</sup> The standard error of the means

<sup>ab</sup> میانگین‌های دارای حروف متفاوت در زیر ستون‌ها در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند.

پتاسیم، سدیم به پتاسیم و گوگرد به مس در اسبچه‌های خزر معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). در موارد دیگر همبستگی بین غلظت هورمون‌های تیروئیدی با عناصر مورد اندازه‌گیری معنی‌دار نبود.

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۸) ضرایب همبستگی پیرسون غلظت هورمون‌های تیروئیدی با غلظت برخی از عناصر معدنی سرم خون (منیزیم، پتاسیم) و نسبت‌های کلسیم به منیزیم، کلسیم به فسفر، کلسیم به

جدول ۸: همبستگی پیرسون غلظت سرمی هورمون‌های تیروئیدی با عناصر معدنی سرم در اسبچه‌های خزر ( $p < 0/05$ ،  $p < 0/01$ )

T3/T4	TSH	FT4	FT3	T4	T3	
-۰/۲۰۵	-۰/۰۵۱	-۰/۳۷۹*	-۰/۱۹۶	۰/۰۸۶	-۰/۰۸۱	منیزیم
۰/۰۵۲	-۰/۰۹۴	-۰/۴۲۹**	-۰/۱۰۳	-۰/۲۰۵	-۰/۰۶۸	پتاسیم
۰/۳۱۲	۰/۰۱۸	۰/۲۶۴	۰/۱۶۳	-۰/۴۰۸*	-۰/۰۲۶	کلسیم به منیزیم
-۰/۴۵۵**	-۰/۲۳۵	-۰/۰۲۷	-۰/۳۸۹*	۰/۰۷۹	-۰/۳۰۱	کلسیم به فسفر
-۰/۱۵۱	۰/۱۶۶	۰/۳۵۰*	۰/۰۶۰	۰/۱۹۰	-۰/۰۱۳	کلسیم به پتاسیم
-۰/۱۳۸	۰/۱۶۸	۰/۳۹۷*	۰/۲۰۹	۰/۳۱۵	۰/۱۱۴	سدیم به پتاسیم
-۰/۴۲۳*	-۰/۲۵۳	-۰/۱۴۱	-۰/۳۶۲*	۰/۰۳۷	-۰/۳۳۳*	گوگرد به مس

## بحث

مس ارتباط منفی داشت (جدول ۸) و مشخص شد این عناصر و نسبت‌های مذکور نشانگرهای مناسبی برای ارزیابی وضعیت هورمون‌های تیروئیدی هستند.

نتایج تحقیق حاضر در خصوص اثرات مقدار عناصر معدنی جیره، سن و جنس حیوان بر روی مقدار هورمون‌های تیروئیدی با گزارش‌های سایر محققین مطابقت داشت (Breuhaus 2002, Elmansury et al. 2007, Fazio et al. 2007). البته Nazifi در سال ۲۰۰۶ گزارش نمود در شرایط تغذیه‌ی یکسان، اثرات سن و جنس اسبچه‌ی خزر بر روی مقدار هورمون‌های تیروئیدی معنی‌دار نبود (Nazifi et al. 2006).

به رغم گرایش برای استفاده از نمونه‌های پلاسما و سرم در تشخیص‌های کلینیکی جهت بررسی وضعیت شیوع بیماری‌ها و وضعیت تغذیه‌ای، به استثنای سلنیم، سرم و پلاسما برای ارزیابی وضعیت سایر عناصر معدنی بدن مناسب نیستند (Hambidge 2003). این موضوع به وجود مکانیسم هموستازی بدن نسبت داده می‌شود. به

تا کنون گزارش‌های مستند در خصوص میزان طبیعی هورمون‌های تیروئیدی و عناصر معدنی سرم خون اسبچه‌های خزر در شرایط تغذیه‌ای مختلف یافت نگردید. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، هورمون‌های تیروئیدی و عناصر معدنی سرم (به غیر از مس) در کوتاه مدت (۵۶ روز) تحت تأثیر کاهش خوراک مصرفی روزانه و غلظت عناصر معدنی جیره قرار نگرفتند. مکانیسم هموستازی موجودات زنده تا وقتی که ذخایر داخلی بدن به طور کامل تخلیه شوند، تغییرات غلظت عناصر معدنی پلاسما را کنترل نموده و به حداقل می‌رساند (Kincaid 1999). میانگین غلظت سرمی مس در اسبچه‌های خزر تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی ۳ و ۴، به علت محدودیت ۵۰ درصدی ماده‌ی خشک مصرفی روزانه و در نتیجه محدودیت ۵۰ درصدی عناصر معدنی مصرفی اسبچه‌ها، کم‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی بود ( $p < 0/05$ ). همچنین در تحقیق حاضر، سطح هورمون‌های تیروئیدی اسبچه‌ی خزر با غلظت سرمی منیزیم، پتاسیم و نسبت‌های کلسیم به منیزیم، کلسیم به فسفر، سدیم به پتاسیم و گوگرد به



تا ۹ ساله به مدت ۳۳ روز به کار برده شد، غلظت هورمون‌های تری‌یدوتیرونین T3 و تیروکسین T4 تحت تأثیر جیره‌ها قرار نگرفت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Sticker et al. 1995). هورمون T3 در سوخت و ساز انرژی و تنظیم سرعت متابولیسم نقش فعال دارد (Blum et al. 1980, Abdel-Fattah et al. 2008). گزارش شده است هورمون‌های تیروئیدی به عنوان یک مکانیسم تطبیق دهنده‌ی موجود زنده با وضعیت تغذیه عمل می‌کنند، به طوری که با محدودیت خوراک مصرفی روزانه ۷۰ درصدی در طیور، سطح هورمون‌های T3 و T4 در اثر فعالیت آنزیم دیدیناز (deiodinase) در کبد کاهش یافت تا ذخایر انرژی و پروتئین بدن بیش‌تر حفظ شوند. اما سطح این هورمون‌ها در سرم بدون تغییر ماند (Gyorffy et al. 2009). در تحقیق حاضر نیز سطح هورمون‌های تیروئیدی سرم اسپچه‌ی خزر با محدودیت خوراک مصرفی روزانه ۵۰ درصدی، تغییر معنی‌دار نشان نداد و با گزارش Gyorffy در سال ۲۰۰۹ هم‌خوانی داشت.

گزارش شده است محدودیت طولانی مدت (۲ سال) مصرف غذا در اسب‌های قد کوتاه نژاد "پونی"، مقدار هورمون‌های T3 و FT3 را به ترتیب ۳۰ و ۴۹ درصد کاهش داد. البته با رفع محدودیت غذایی پس از ۶ ماه، سطح هورمون‌های مذکور دوباره به مقدار طبیعی برگشت داده شد (Suwannachot et al. 2000).

در آزمایش حاضر، غلظت سرمی هورمون‌های T3، FT3، TSH و نسبت T3/T4 در مادیان‌ها بیش‌تر از نریان‌ها بود. در مورد اثرات جنس بر غلظت هورمون‌های T3 و TSH، سایر محققین (Irvine 1967, Motley 1972) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند، به طوری که غلظت این هورمون‌ها در مادیان‌ها بیش‌تر از نریان‌ها بود. همچنین در خصوص اثر سن بر غلظت هورمون‌های

طوری که هنگام کمبود و یا افزایش عناصر معدنی دریافتی، مکانیسم هموستازی بدن موجب ثبات و حفظ سطح مطلوب آن‌ها در بدن می‌شود (Hambidge 2003). بنابراین، مکانیسم‌های کنترلی بدن در حد توان خود به گونه‌ای عمل می‌کنند که حتی با جذب مقادیر بیش از حد عناصر معدنی در بدن، سطح طبیعی آن‌ها در جریان خون پایدار می‌ماند (Kubasova and Kubasov 2007).

البته مقادیر بیش از حد تحمل<sup>۱</sup> عناصر معدنی باعث اختلال در متابولیسم سایر مواد مغذی و مسمومیت حیوان می‌شود (NRC 2005).

Walk در سال ۲۰۱۳ گزارش نمود غلظت سرمی روی در خوک پس از ۴۲ روز مصرف مکمل خوراکی (ZnO) افزایش یافت، اما به علت اثر متقابل روی با کلسیم و فسفر، غلظت سرمی کلسیم و فسفر کاهش یافت. در تحقیق حاضر نیز افزایش در غلظت سرمی روی و کاهش در غلظت سرمی کلسیم و فسفر مشاهده شد؛ اما به علت استفاده‌ی هم‌زمان مکمل‌های روی، کلسیم و فسفر در جیره‌ی غذایی، این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (Walk et al. 2013).

در تحقیق حاضر مشخص شد سطح هورمون‌های تیروئیدی با غلظت و یا نسبت بین برخی از عناصر معدنی سرم خون به یکدیگر در اسپچه‌های خزر ارتباط داشت. پمپ‌های سدیم-ید در غشای سلول‌های فولیکولار تیروئید و آنزیم‌های شرکت‌کننده در واکنش‌های ساخت یا آزادسازی هورمون‌های تیروئیدی از پروتئین، بعضی از مکانیسم‌های احتمالی کنترل‌کننده‌ی این ارتباطات هستند (Portulano et al. 2013). چگونگی مکانیسم‌های حاکم بر این همبستگی‌ها به تحقیقات بیش‌تری نیاز دارد.

هنگامی که دو سطح تغذیه‌ی پروتئین و انرژی جیره به میزان ۱۰۰ و ۵۰ درصد احتیاجات نگهداری (با ثابت نگه داشتن سطح مصرف خوراک) در اسب‌های ماده‌ی ۸

## 1- Toxicity threshold

میزان دریافتی آن‌ها از طریق جیره پاسخ نشان داد و برای سایر عناصر، سرم نشان‌گر بیولوژیکی مناسبی نبود. در مورد وجود ارتباط بین سطوح عناصر معدنی با هورمون‌های تیروئیدی، نسبت‌های عناصر همبستگی بهتری را در مقایسه با عناصر به صورت فردی از خود نشان دادند. به هر حال، چگونگی مکانیسم حاکم بر این همبستگی‌ها به تحقیقات بیشتر نیاز دارد. به عنوان بعضی از مکانیسم‌های احتمالی کنترل کننده‌ی این ارتباطات می‌توان به وجود پمپ‌های سدیم-ید در غشای سلول‌های فولیکولار تیروئید و آنزیم‌های دخیل در ساخت یا آزادسازی هورمون‌های تیروئیدی از پروتئین اشاره نمود.

تیروئیدی نتایج تحقیق حاضر با پژوهش‌های انجام شده‌ی قبلی مطابقت داشت (Chen and Riley 1981, Cebulj- Kadunc et al. 2003, Fazio et al. 2007, Mendoza et al. 2013) با این وجود، در پژوهش انجام شده توسط Fazio در سال ۲۰۰۷ در اسب‌های نژاد تروبرد با افزایش سن، غلظت سرمی T3، T4، FT3 و FT4 بیش‌تر شد که در مغایرت با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر بود (Fazio et al. 2007). این موضوع به علت متفاوت بودن نحوه‌ی گروه‌بندی اسب‌ها بر اساس سن، در تحقیق مذکور با تحقیق حاضر بود (Gyorffy et al. 2009). هموستازی در حیوان سالم منجر به حفظ سطح مناسب مواد مغذی در بافت‌ها و اندام‌های بدن و تبادل طبیعی مواد و مایعات در بدن می‌شود. در این آزمایش از بین عناصر مورد مطالعه فقط مقدار مس در سرم به تغییرات

### تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان برای تأمین حیوانات آزمایشی و محل اجرای تحقیق سپاسگزاری می‌شود. از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تهران برای همکاری در اندازه‌گیری عناصر معدنی و از مرکز تحقیقات غدد و هورمون دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران برای همکاری در اندازه‌گیری هورمون‌های تیروئیدی تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع

- Abdel-Fattah, S.A.; El-Sanhoury, M.H.; El-Mednay, N.M. and Abdel-Azeem, F. (2008). Thyroid activity, some blood constituents, organs morphology and performance of broiler chicks fed supplemental organic acids. *International Journal of Poultry Science*, 7(3): 215-222.
- Aebulj-Kadunc, N.; Kosec, M. and Cestnik, V. (2003). Serum triiodothyronine (T3) and thyroxin (T4) concentrations in Lipizzan horses. *Acta Veterinaria Brno*, 72(1): 17-22.
- Asano, K. (2005). Twenty-eight element concentrations in mane hair samples of adult riding horses determined by particle-induced x-ray emission. *Biological Trace Element Research* 107(2): 135-140.
- ASTM. (2004). Annual book of American society for testing and materials standards. Water and environmental technology. Standard guide for preparation of biological samples for inorganic chemical analysis. American Society for Testing and Materials D4638-03, 11(01): 6.
- Baptista, T.S.; Redígolo, M.M.; Zamboni, C.B.; Sato, I.M. and Marcelino, J.R. (2012). Comparative study of inorganic elements determination in whole blood from Crioula breed horse by EDXRF and NAA analytical techniques. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 291(2): 399-403.
- Blum, J.W.; Gingsins, M.; Vitins, P. and Bickel, H. (1980). Thyroid hormone levels related to energy and nitrogen balance during weight loss and regain in adult sheep. *Acta Endocrinologica*, 93(4): 440-447.
- Breuhau, B.A. (2002). Thyroid stimulating hormone in adult euthyroid and hypothyroid horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 16(1): 109-115.
- Breuhau, B.A. (2011). Disorders of the equine thyroid gland. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 27(1): 115-128.

- Brosnahan, M.M.; Erb, H.N.; Perkins, G.A.; Divers, T.J.; Borges, A.S. and Osterrieder, N. (2012). Serum iron parameters and acute experimental EHV-1 infection in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 26(5): 1232-1235.
- Chen, C.L. and Riley, A.M. (1981). Serum thyroxine and triiodothyronine concentrations in neonatal foals and mature horses. *American Journal of Veterinary Research*, 42(8): 1415-1417.
- Crowther, J.R. (2000). *The ELISA guidebook*. Totowa, NJ: Humana Press Inc., pp: 19-22.
- de Souza M.V.; Fontes, M.P.F. and Alves Fernandes, R.B. (2014). Heavy metals in equine biological components. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(2): 60-66.
- Elmansury, Y.; Seri, H.; Elbashir, H.M. and Salih, M. (2007). Preliminary data on serum thyroid hormones (thyroxine T4, triiodothyronine T3) and thyroid stimulating hormone (TSH) of Sudanese donkeys (*Equus asinus*): Normal level. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 53: 113-117.
- Fazio, E.; Medica, P.; Cravana, C.; Messineo, C. and Ferlazzo, A. (2007). Total and free iodothyronine levels of growing Thoroughbred foals: Effects of weaning and gender. *Livestock Science*, 110(3): 207-213.
- Galik, B.; Biro, D.; Halo, M.; Juracek, M.; Simko, M.; Massanyi, P. and Rolinec, M. (2012). The effect of different macromineral intakes on mineral metabolism of sport horses. *Acta Veterinaria Brno*, 81(2): 113-117.
- Gyorffy, A.; Sayed-Ahmed, A.; Zsarnovszky, A.; Frenyo, V.L.; Decuypere, E. and Bartha, T. (2009). Effects of energy restriction on thyroid hormone metabolism in chickens. *Acta Veterinaria Hungarica*, 57(2): 319-330.
- Hambidge, K.M. (2003). Biomarkers of trace mineral intake and status. *Journal of Nutrition* 3: 948s-955s.
- Hendricks, B.L. (2007). *International encyclopedia of horse breeds*. University of Oklahoma Press; 1<sup>st</sup> ed. Pp: 112-114.
- Hennemann, G.; Docter, R.; Friesema, E.C.; de Jong, M.; Krenning, E.P. and Visser, T.J. (2001). Plasma membrane transport of thyroid hormones and its role in thyroid hormone metabolism and bioavailability. *Endocrine Reviews*, 22(4): 451-476.
- Irvine, C.H.G. (1967). Thyroxine secretion rate in the horse in various physiological states. *Journal of Endocrinology*, 39(3): 313-320.
- Kandhro, G.A.; Kazi, T.G.; Afridi, H.I.; Kazi, N.; Baig, J.A.; Arain, M.B. et al. (2009). Effect of zinc supplementation on the zinc level in serum and urine and their relation to thyroid hormone profile in male and female goitrous patients. *Clinical Nutrition*, 28(2): 162-168.
- Karbasi, M.H.; Jahanparast, B.; Shamsipur, M. and Hassan, J. (2009). Simultaneous trace multielement determination by ICP-OES after solid phase extraction with modified octadecyl silica gel. *Journal of Hazardous Materials*, 170(1): 151-155.
- Kincaid, R. (1999). Assessment of trace mineral status of ruminants: A review. In: *Proceedings American Society of Animal Science*. pp: 1-10.
- Kohrle, J. (2005). Selenium and the control of thyroid hormone metabolism. *Thyroid*, 15(8): 841-853.
- Kubasova, E.D. and Kubasov, R.V. (2007). Effect of trace elements on thyroid structural and functional state (a review). *Gigiena I Sanitariia* (5): 79-81.
- Latimer, K.; Mahaffey, E. and Prasse, K. (2003). *Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology*. 4th ed. Wiley-Blackwell, New York, NY.
- Mendoza, F.J.; Perez-Ecija, R.A.; Toribio, R.E. and Estepa, J.C. (2013). Thyroid hormone concentrations differ between donkeys and horses. *Equine Veterinary Journal*, 45(2): 214-218.
- Motley, J. (1972). Use of radioactive triiodothyronine in the study of thyroid function in normal horses. *Veterinary Medicine, Small Animal Clinician*, 67(11): 1225-1228.
- Namkoong, S.; Hong, S.P.; Kim, M.H. and Park, B.C. (2013). Reliability on intra-laboratory and inter-laboratory data of hair mineral analysis comparing with blood analysis. *Annals of Dermatology*, 25(1): 67-72.
- Nazeri, S.; Rostamian, M. and Hedayati, M. (2014). Impact of thyroid dysfunction on antioxidant capacity, superoxide dismutase and catalase activity. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 16(1): 51-54.
- Nazifi, S.; Saeb, M. and Rategh, S. (2006). Serum thyroid hormones in clinically healthy Caspian miniature horses. *Indian Veterinary Journal*, 83(9): 950-951.
- NRC. (2005). *Mineral tolerance of animals*. 2 Edn., Washington, DC: The national academies press, 500 fifth street, n.W. Washington, dc 20001, pp: 8-9.

- NRC. (2007). Nutrient requirements of horses. Sixth Revised Edition Edn., 500 Fifth Street, N.W., Lockbox 285, Washington, DC 20055.: National Academy of Sciences, pp: 280-315.
- Portulano, C.; Paroder-Belenitsky, M. and Carrasco, N. (2013). The Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup> symporter (NIS): mechanism and medical impact. *Endocrine Reviews*, 35(1): 106-149.
- Richard, K.; Hume, R.; Kaptein, E.; Stanley, E.L.; Visser, T.J. and Coughtrie, M.W. (2001). Sulfation of thyroid hormone and dopamine during human development: ontogeny of phenol sulfotransferases and arylsulfatase in liver, lung, and brain 1. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 86(6): 2734-2742.
- SAS. (2008). SAS/STAT 9.2. User's guide. SAS Institute Inc Cary, NC, pp.
- Sticker, L.S.; Thompson, D.L.; Jr Fernandez, J.M.; Bunting, L.D. and DePew, C.L. (1995). Dietary protein and (or) energy restriction in mares: plasma growth hormone, IGF-I, prolactin, cortisol, and thyroid hormone responses to feeding, glucose, and epinephrine. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 73(5): 1424-1432.
- Suwannachot, P.; Verkleij, C.B.; Kocsis, S.; Enzerink, E. and Everts, M.E. (2000). Prolonged food restriction and mild exercise in Shetland ponies: effects on weight gain, thyroid hormone concentrations and muscle Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase. *Journal of Endocrinology*, 167(2): 321-329.
- Visser, T.J. (1994). Role of sulfation in thyroid hormone metabolism. *Chemico-Biological Interactions*, 92(1): 293-303.
- Walk, C.L.; Srinongkote, S. and Wilcock, P. (2013). Influence of a microbial phytase and zinc oxide on young pig growth performance and serum minerals. *Journal of Animal Science*, 91(1): 286-291.
- Walton, R.M. (2013). *Equine Clinical Pathology*. John Wiley & Sons, 1<sup>st</sup> ed. Pp: 181-201.

## Evaluation of blood serum mineral and thyroid hormone concentration of Caspian Miniature Horses fed with different diets

Ghorbani, A.<sup>1</sup>; Darmani Kuhi, H.<sup>2</sup> and Mohit, A.<sup>3</sup>

Received: 07.03.2015

Accepted: 06.10.2015

### Abstract

Despite the critical importance of minerals as a fractional component of hormones, enzymes, tissues and body fluids, they are not produced in the animal body and must be fed by the diets. OBJECTIVES: This study aimed at determining the basic data of serum mineral (SM) and thyroid hormone (STH) concentrations and their relationships in different gender and age groups of Caspian miniature horses fed diets with different mineral contents. This research was conducted on twelve horses using a balanced change over design with four treatments (9 replicates per treatment) in 3 periods and 4 blocks (two genders and two age groups <3 and ≥3 years). Each period extended for 56 days with 7 days interval between the periods. Two different levels (0 and 4.86 % of diet) of minerals were added to one of two different levels of daily dry matter intakes (50 and 100 % of requirements) to make the dietary treatments. The SM and STH contents were measured by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) and Elisa methods, respectively, using blood samples collected from all horses at the end of each period. The mean values of T3, T4, FT3, TSH, and T3/T4 ratios were higher in females than males. The STH was not affected by the dietary treatments and age. The serum Cu content was affected by the dietary treatments. Significant Pearson correlations were observed between T3 with Ca/K ( $r=0.377$ ), T4 with Ca/K ( $r=0.331$ ). Due to the body's homeostatic control mechanisms in healthy animal, the SM and STH concentrations were not affected by the dietary treatments during the experimental period of this study. The ratios between minerals showed better correlations with STH concentrations than the minerals individually.

**Key words:** the Caspian miniature horse, mineral elements, thyroid hormone, Elisa, ICP-OES

---

1- PhD Student of Animal Nutrition, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran

2- Associated Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

3- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

**Corresponding Author:** Darmani Kuhi, H., E-mail: ghorbane@gmail.com