Archive of SID

بررسی غلظت کادمیوم، مس و روی در اندام‌های مختلف موش مغان (*Microtus socialis*) دراستان کرمانشاه

- **هادی تحسینی***: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه کردستان، صندوق‌پستی: ۵۹۸۶۱۴۴۷۴۱
- **محسن احمدپور**: گروه محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۸۷-۴۹۱۷۵

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۶

چکیده

جوندگان نسبت به آلودگی فلزات حساس بوده و به‌دلیل شباهت بین الگوی توزیع فلزات در بافت‌های بدن انسان و بافت‌های بدن جوندگان می‌توانند به‌عنوان نمونه مطالعاتی مناسب، مورد بررسی قرارگیرند. هدف از این تحقیق بررسی میزان فلزات کادمیوم، مس و روی در اندام‌های عضله، کبد، استخوان و کلیه موش مغان (*Microtus socialis*) در استان کرمانشاه است. در این بررسی، ۱۲ موش مغان (۶ نر و ۶ ماده) به‌روش تله شرمن در سال ۱۳۹۶ جمع‌آوری شد. میزان فلزات مس، روی و کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Phonix 986 اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری بین غلظت فلزات روی، مس و کادمیوم در اندام‌های مختلف موش مغان وجود داشت ($p<0/01$). بیش‌ترین وکم‌ترین میزان فلز روی به‌ترتیب در بافت کبد (۱۵/۶۸میکروگرم/ گرم وزن تر) و استخوان (۵/۳۸ میکروگرم/ گرم وزن تر) مشاهده شد. بیش‌ترین میزان فلز مس در بافت کبد (۱۳/۳۱ میکروگرم/ گرم وزن تر) و کم‌ترین میزان آن در عضله (۴/۶۷ میکروگرم/ گرم وزن تر) وجود داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت کادمیوم به‌ترتیب در بافت‌های کبد (۲/۳۶ میکروگرم/ گرم وزن تر) و استخوان (۱/۱۹ میکروگرم/ گرم وزن تر) مشاهده شد. غلظت فلزات روی در عضله و کلیه ($p<0/01$)، مس در عضله، کبد و استخوان و کادمیوم تنها در استخوان ($p<0/05$) بین جنس نر و ماده اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. با مقایسه غلظت پس‌زمینه و میزان غلظت‌های مورد بررسی فلزات در بافت کبد بیانگر این مطلب است که فلزات در محدوده پس‌زمینه قرار دارند و به حد بحرانی نرسیده‌اند.

کلمات کلیدی: آلودگی فلزات، جوندگان، موش مغان، کرمانشاه

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: haditahsini@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

اگرچه فلزات به‌طور طبیعی در محیط‌زیست حضور دارند (Pereira و همکاران، ۲۰۰۶)، اما مقدار آن‌ها به‌وسیله فعالیت‌های انسانی ازجمله کشاورزی، صنعت، پزشکی و تکنولوژی آن‌ها، به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و منجر به توزیع گسترده آن‌ها در بخش‌های مختلف محیط زیست شده است (Marcheslli و همکاران، ۲۰۱۰؛ Tchounwou و همکاران، ۲۰۱۲). فلزات اغلب در خاک، سنگ‌ها، آب، گیاهان و جانوران به‌صورت یون‌های محلول در آب، بخار، نمک و یا مواد معدنی یافت می‌شوند (Goyer، ۱۹۹۷). فلزات به دو گروه ضروری (مس، آهن، روی و ...) و غیرضروری (سرب، کادمیوم و جیوه ...) تقسیم می‌شوند. فلزات ضروری برای ادامه حیات ضروری بوده، اما فلزات غیرضروری بدون این‌که در فعالیت‌های فیزیولوژیکی جانور نقش داشته باشند، باعث اختلال در سیستم بدن جانور می‌شوند. فلزات موجود در خاک و آب، به‌خوبی توسط گیاهان و محصولات کشاورزی جذب شده و در نهایت از طریق زنجیره غذایی وارد بدن جانوران می‌شوند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱) و اثرات گوناگونی ازجمله کاهش رشد، تغییرات ژنتیکی و مرگ‌ومیر را موجب می‌شوند (Gdula و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین تعیین مقادیر فلزات به‌دلیل اثر تجمعی که در بافت‌های مختلف جانوران دارند، امری بسیار ضروری می‌باشد. زیرا علاوه بر بررسی سلامت موجود زنده و میزان در معرض قرارگیری آن‌ها به فلزات، جانوران شاخصی مناسب به‌منظور ارزیابی سلامت اکوسیستم‌ها می‌باشند (حمیدیان و همکاران، ۱۳۹۴). به‌منظور بررسی گونه‌ها در بالای زنجیره غذایی و هم‌چنین پیش‌بینی ریسک احتمالی آلاینده‌ها برای سلامت انسان، پستانداران کوچک ازجمله جوندگان، زیست پایشگرهای حساس و دقیق برای بررسی آلاینده‌ها هستند (Beernaert و همکاران، ۲۰۱۰). جوندگان نسبت به آلودگی‌های فلزات سنگین بسیار حساس بوده و می‌توانند به‌عنوان شاخص زیستی در مناطق آلوده استفاده شوند (زرین‌تاب و میرزایی، ۱۳۹۵). هم‌چنین، بین الگوی توزیع فلزات سنگین در بافت‌های بدن انسان و بافت‌های بدن جوندگان شباهت زیادی وجود دارد (Damek و Sawicka، ۲۰۰۴). در بین جوندگان موش مغان (*Microtus socialis*) یکی از پستانداران کوچک غالب بسیاری از زیستگاه‌های نیم‌کره جنوبی به‌شمار می‌رود که مراتع، مزارع و باغات را به‌عنوان زیستگاه خود ترجیح می‌دهد. هم‌چنین گاهی اوقات در جنگل‌ها و ارتفاعات نیز یافت می‌شوند (Nowak، ۱۹۹۹). این گونه متعلق به راسته جوندگان، تیره هامسترهای دم‌کوتاه و سرده میکروتوس می‌باشد. بنابراین، نسبت به سایر پستانداران دارای جثه کوچک‌تر، متابولیسم بالاتری بوده و در نتیجه بیش‌تر در معرض آلاینده‌های محیطی قرار می‌گیرند (حمیدیان و همکاران، ۱۳۹۴). اگرچه مطالعات در زمینه پایش زیستی فلزات سنگین در ایران در حال افزایش است، اما مطالعات در زمینه بررسی غلظت این فلزات در پستانداران کوچک محدود بوده و تاکنون نیز مطالعات اندکی انجام شده است. زرین‌تاب و میرزایی (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای که روی موش قهوه‌ای انجام دادند به این نتیجه رسیدند که فلزات روی و مس در کبد و کادمیوم در کلیه به‌طور معنی‌دار بیش‌تر از سایر بافت‌ها بود و جنس نر نسبت به جنس ماده دارای غلظت‌های بیش‌تری از فلزات بودند. خزاعی و همکاران (۱۳۹۴)، میزان تجمع فلزات سنگین را در بافت مو و کبد جرد ایرانی بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که الگوی انباشتگی فلزات سنگین در بافت کبد و مو به‌صورت روی>مس>کروم بود. هم‌چنین بین میزان تجمع فلزات سنگین در بافت مو و کبد همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. محیط‌زیست استان کرمانشاه به‌دلیل وجود ۵۰ واحد صنعتی، تردد خودروهای فرسوده، سموم و کودهای شیمیایی مصرفی در کشاورزی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف فلزات سنگین قرار دارد (پیشگاهی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۰). از این‌رو این پژوهش با هدف بررسی غلظت فلزات کادمیوم، مس و روی در اندام‌های عضله، کبد، استخوان و کلیه موش مغان به‌عنوان یک گونه شاخص زیستی در شهرستان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

کلیه نمونه‌ها طی سه ماه در فصل بهار ۱۳۹۶ با استفاده از تله‌های زنده‌گیر شرمن جمع‌آوری شدند. در مجموع ۱۲ نمونه موش مغان که مربوط به جنس نر (۶ سر) و ماده (۶ سر) بود جمع‌آوری شد. کلیه نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن وطول بدن آن‌ها اندازه‌گیری شد و سپس در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. بعد از خروج از انجماد، اندام‌های کلیه، کبد، استخوان و عضله جداسازی و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. بافت‌های جدا شده در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس کلیه اندام‌ها با استفاده از هاون سنگی به‌صورت پودر در آورده شدند. در مرحله بعد، از هر نمونه به مقدار یک گرم برداشت شد و با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و پنج میلی‌لیتر اسیدکلریدریک به نمونه‌ها و قرار دادن آن‌ها به‌مدت دو ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد روی حمام بن‌ماری عمل هضم اسیدی انجام شد کلیه نمونه‌های هضم شده با استفاده از آب دوبار تقطیر به حجم نهایی ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شدند. درنهایت، برای تعیین میزان فلزات روی، مس و کادمیوم در اندام‌های کبد، کلیه، عضله و استخوان از دستگاه جذب اتمی مدل Phonix 986 استفاده شد (Gdula و همکاران، ۲۰۰۴). محلول‌های استاندارد از محلول ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر هر فلز تهیه شد. بعد

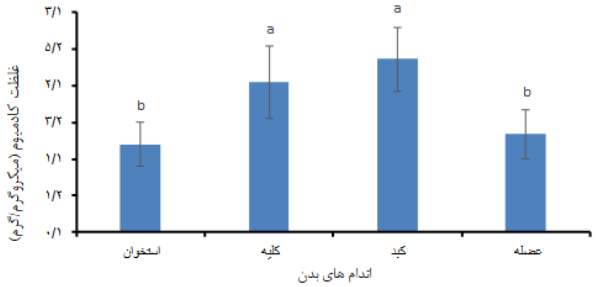
www.SID.ir

Archive of SID

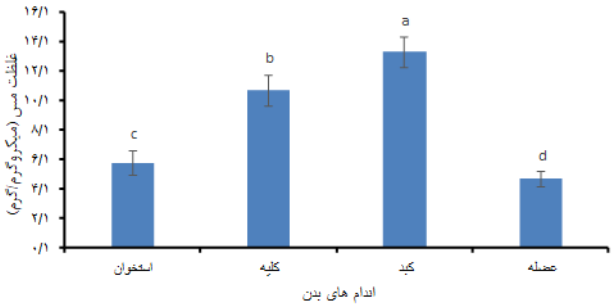
از کالیبره نمودن دستگاه با استفاده از محلول استاندارد نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق شدند. پس از میانگین‌گیری فلز توسط اتم‌های عنصر موردنظر تزریق نمونه به دستگاه انجام شد. سپس از روش منحنی درجه‌بندی براساس ترتیب استانداردها و قرائت میزان جذب آن‌ها کالیبراسیون انجام شد. سپس از روی درجه خوانده شده و با مراجعه به منحنی استاندارد رسم شده به‌روش حداقل مربعات، غلظت جسم مجهول مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. برای مقایسه تجمع فلزات روی، مس و کادمیوم در اندام‌های کبد، کلیه، عضله و استخوان موش مغان، ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال، با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. به‌دلیل پیروی داده‌ها از توزیع نرمال، برای مقایسه غلظت فلزات در اندام‌های مختلف، از آزمون پارامتریک واریانس یک‌طرفه و برای نشان دادن اختلاف بین گروه‌های مختلف از آزمون تعقیبی دانکن استفاده شد. هم‌چنین برای مقایسه غلظت فلزات مورد مطالعه بین جنس نر و ماده از آزمون تی-تست استفاده شد. جهت بررسی همبستگی بین غلظت فلزات نیز از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج

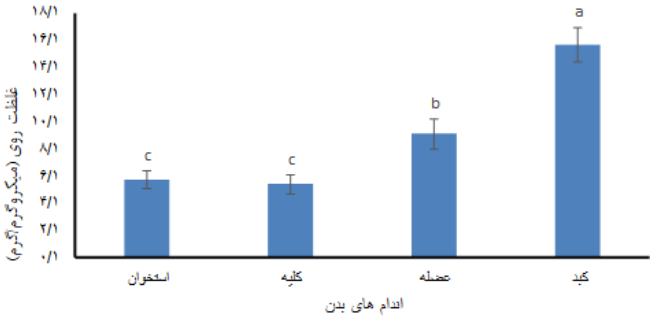
با توجه به نتایج آزمون واریانس یک‌طرفه بیش‌ترین میزان فلز روی در بافت کبد (۱۵/۶۸ میکروگرم/ گرم وزن تر) مشاهده شد که با سایر اندام‌ها تفاوت معنی‌داری داشت. هم‌چنین، این نتایج آماری برای عضله نیز مشابه با کبد بود. اما هیچ‌گونه اختلافی بین استخوان و کلیه در تجمع روی وجود نداشته بنابراین در بافت‌های استخوان و کلیه کم‌ترین میزان مشاهده شد ($p<0/01$، شکل ۱). کم‌ترین میزان فلز روی نیز در بافت استخوان (۵/۳۸ میکروگرم/ گرم وزن تر) مشاهده شد. مقایسه میانگین فلز مس در بافت‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری را بین تمامی اندام‌های مورد بررسی موش مغان نشان داد ($p<0/01$). به‌طوری که بیش‌ترین میزان فلز مس در اندام کبد (۱۳/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) و کم‌ترین مقدار آن در اندام استخوان (۴/۶۷ میکروگرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت کادمیوم به‌ترتیب در اندام‌های کبد و استخوان موش مغان به‌میزان ۲/۳۶ و ۱/۱۹ میکروگرم/ گرم وزن تر مشاهده شد. بین کبد و کلیه هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در فلز مس مشاهده نشد. اما در سایر گروه‌ها این تفاوت، معنی‌دار بود ($p<0/01$، شکل ۳). مقایسه میانگین غلظت فلزات در اندام‌های مختلف جنس نر و ماده موش مغان در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد غلظت فلزات روی در عضله و کلیه ($p<0/01$)، مس در عضله، کبد و استخوان و کادمیوم تنها در استخوان ($p<0/05$) بین جنس نر و ماده اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در حالی که در بقیه گروه‌ها، بین این دو جنس هیچ اختلافی مشاهده نشد. در تمامی مقایسات، فلزات مورد مطالعه، در کلیه اندام‌های مورد مطالعه جنس نر بیش‌تر از جنس ماده بود. با این تفاوت که فلز کادمیوم در بافت کلیه جنس نر کم‌تر از جنس ماده موش مغان بود.



شکل ۱: مقایسه غلظت فلز روی در اندام‌های مختلف موش مغان ($p<0/01$، واریانس یک‌طرفه)



شکل ۲: مقایسه غلظت فلز مس در اندام‌های مختلف موش مغان ($p<0/01$، واریانس یک‌طرفه)



شکل ۳: مقایسه غلظت فلز کادمیوم در اندام‌های مختلف موش مغان

($p<0/01$، واریانس یک‌طرفه)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مقایسه میانگین غلظت فلزات مس روی و کادمیوم در اندام‌های مختلف موش مغان در دو جنس نر و ماده (میکروگرم/گرم)

بافت	جنسیت	روی		مس		کادمیوم	
		انحراف معیار±میانگین	معنی‌داری	انحراف معیار±میانگین	معنی‌داری	انحراف معیار±میانگین	معنی‌داری
عضله	نر	۹/۸۹± ۰/۹۹۷	۰/۰۰۶ **	۴/۹۸± ۰/۳۱۱	۰/۰۱۷ *	۱/۵۱±۰/۳۵۰	۰/۰۵۸ ns
	ماده	۸/۵۸± ۰/۵۴۸		۴/۳۵± ۰/۴۳۹		۱/۱۵± ۰/۲۷۰	
کبد	نر	۱۶/۰۳±۱/۶۶	۰/۳۷۰ ns	۱۳/۷۷±۱/۲۳۸	۰/۱۳۶ ns	۲/۵۴± ۰/۴۷۷	۰/۱۵۷ ns
	ماده	۱۵/۳۳± ۰/۶۲۲		۱۲/۸۴± ۰/۶۵۴		۲/۱۸± ۰/۳۳۵	
کلیه	نر	۵/۹۰± ۰/۴۸۶	۰/۰۰۴ **	۹/۹۷± ۰/۸۳۷	۰/۰۰۷ **	۱/۸۵± ۰/۶۶۹	۰/۱۸۴ ns
	ماده	۴/۸۵± ۰/۴۹۲		۱۱/۴۲± ۰/۶۲۷		۲/۲۴± ۰/۲۷۷	
استخوان	نر	۵/۸۰± ۰/۵۳۲	۰/۵۶۴ ns	۶/۲۳± ۰/۶۹۰	۰/۰۳۶ *	۱/۳۷± ۰/۳۳۰	۰/۰۵۰ *
	ماده	۵/۵۷± ۰/۷۷۰		۵/۲۸± ۰/۶۶۷		۱/۰۲±۰/۱۴۱	

** بیانگر اثر معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد، * بیانگر اثر معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، ns: بیانگر عدم وجود اثر معنی‌دار می‌باشد.

بحث

با توجه به نتایج تحقیق، بین غلظت فلزات روی، مس و کادمیوم در اندام‌های مختلف موش مغان تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۱، شکل ۱، ۲ و ۳). بر این اساس بیش‌ترین غلظت این فلزات به‌ترتیب در کبد و کلیه موش مغان مشاهده شد. برخی مطالعات نشان داد که بیش‌ترین میزان فلزات در کبد و پس از آن در کلیه جانوران وجود دارد، اما میزان آن‌ها در سایر اندام‌ها کم‌تر است (Houserova و همکاران، ۲۰۰۵؛ Horai و همکاران، ۲۰۰۷؛ Zamani و همکاران، ۲۰۰۹). فلزات سنگین اندام هدف خود را براساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. کبد جانوران مهم‌ترین محل انجام فرآیندهای سم‌زدایی و محل اصلی تغییر شکل زیستی فلزات است. این اندام عمدتاً در معرض فلزات سنگین قرار دارد و این مواد از طریق دستگاه گردش خون یا دستگاه گوارش وارد کبد می‌شوند (Haschek و Rousseaux، ۱۹۹۸). کبد در ابتدا فلزات را از پلاسمای خون استخراج، در خود ذخیره و سپس آن‌ها را به ترکیبات ساده‌تر و بی‌خطر تجزیه می‌کند و از طریق دستگاه گردش خون در بدن پخش می‌کند و مواد غیرضروری را به‌وسیله جریان خون به صفرا منتقل می‌کند (Bla´zovics و همکاران، ۲۰۰۲). هم‌چنین نمک‌های این فلزات اغلب از راه کلیه و کبد دفع می‌شود به‌طوری‌که مهم‌ترین مسیر دفع آن‌ها، ادرار و مدفوع است (Boening، ۲۰۰۰). هم‌چنین در کبد و کلیه جانوران پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایین از جمله (متالوتیونین) حضور دارند که فلزات را خود ذخیره می‌کنند (یونسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین، موارد بیان شده علت تجمع بیش‌تر فلزات در اندام‌هایی نظیر کبد و کلیه را در مقایسه با سایر اندام‌ها تفسیر می‌نماید. هم‌چنین، به‌نظر می‌رسد در مطالعه حاضر، یکی از مهم‌ترین دلایل وجود تفاوت بین این بافت‌ها نقش کبد در سوخت و ساز بدن و وجود پروتئین‌های شوک حرارتی مانند متالوتیونین‌ها می‌باشد (Rao و Padmaja، ۲۰۰۰). طبق نظر محققان، در کبد و عضله، پروتئین‌هایی ازجمله متالوتیونین‌ها مسئول حذف و خنثی‌سازی عناصر فلزی و آثار سمی آن‌هاست، زیرا پروتئین‌های دیگری در داخل سلول نقش آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی ازجمله گلوتاتیون را بازی می‌کنند (Rao و Padmaja، ۲۰۰۰). علاوه بر این، به‌دنبال افزایش وزن و طول جانور و به تبع آن سازگاری موجود با محیط زیست، از غلظت این فلزات در عضلات کاسته و بر میزان آن‌ها در امعا و احشا افزوده می‌شود (Freedman، ۱۹۸۹). بنابراین، موارد بیان شده از دلایل مهم بالا بودن میزان فلزات مورد مطالعه در کبد و کلیه نسبت به عضله موش مغان در تحقیق حاضر بود. در تحقیق زرین‌تاب و میرزایی (۱۳۹۵) نیز بیان شد که بیش‌ترین غلظت روی و مس در کبد و سپس در کلیه موش قهوه‌ای (*Rattus norvegicus*) مشاهده شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. نتایج نشان داد در مورد فلز روی، عضله دومین اندامی بود که غلظت روی در آن بالا بود. توانایی موجودات جهت جذب، تجمع و سم‌زدایی متفاوت است. یکی از اصلی‌ترین مسئله در ارتباط با فلزات سنگین متابولیزه شدن آن‌ها در بدن است. به‌طورکلی تفاوت غلظت فلزات در بافت‌های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت توان فلزات در غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین نظیر متالوتیونین باشد. گونه‌هایی که دارای مقادیر مشخصی از متالوتیونین باشند می‌توانند سمیت این فلزات را از بین ببرند (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱). معمولاً بافت عضله دارای کم‌ترین میزان غلظت فلزات است (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱). که این نتیجه با مطالعه زرین‌تاب و میرزایی (۱۳۹۵) که بیان شد در بافت عضله بعد از اندام کبد و کلیه سومین اندامی بود که میزان روی در آن مشاهده شده، مطابقت داشته،

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌چنین با مطالعه موسوی و همکاران (۱۳۸۵) برای فلز روی هم‌خوانی ندارد، زیرا ایشان دریافتند اندام عضله اولین اندام و بعد از آن کبد مقادیر بالایی از روی مشاهده شده است. در مطالعه حاضر استخوان بعد از سه اندام مذکور در رتبه چهارم از نظر غلظت فلزات روی، مس و کادمیوم قرار گرفت. این مسئله با مطالعه موسوی و همکاران (۱۳۸۵) مغایرت وجود دارد، زیرا در مطالعه ایشان استخوان سومین اندامی بود که میزان روی و مس در آن مشاهده شد. روند اختلاف این فلزات در بدن این گونه به‌صورت روی>مس>کادمیوم بود ($P<0/01$). بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت کادمیوم هم‌چون سایر فلزات به‌ترتیب در اندام‌های کبد و استخوان به‌دست آمده است که تفاوت آماری معنی‌داری بین آن‌ها نیز مشاهده شد ($P<0/01$). میان غلظت فلزات مذکور نیز ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. عوامل مختلفی از جمله سن، وضعیت فیزیولوژیکی، مکانسیم هموستازی، ترکیب فلزات سنگین، فیزیولوژی جذب و دفع عناصر، رژیم غذایی موجود و منابع تولیدی فلزات سنگین در اطراف موجود زنده و زیستگاه بر تجمع و غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف جوندگان تأثیرگذار است (Sawicka-Kapusta و همکاران، ۱۹۹۵). فلز روی یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بسیاری از متالوتیونین و پروتئین‌ها در بدن است (Filistowicz و همکاران، ۲۰۱۲). این فلز به‌علت نقش فیزیولوژیکی قابل توجهی که در بدن دارد نسبت به سایر فلزات به‌غیر از آهن، تجمع بیش‌تری در بافت‌های بدن دارد (خزاعی و همکاران، ۱۳۹۴). هم‌چنین زمانی‌که کادمیوم در رژیم غذایی وجود داشته باشد، موجب جذب بیش‌تر فلز روی در دستگاه گوارش و سایر نقاط بدن می‌شود. زیرا رقابت با عناصری مانند آهن و مس باعث کاهش میزان آن‌ها می‌شود (Damek-Poprawa و Sawicka-Kapusta، ۲۰۰۳، سهرابی و غلامی، ۱۳۸۷). هم‌چنین Schleich و همکاران (۲۰۱۰) و Pereira و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که کبد جوندگان بیش‌تر از سایر بافت‌های درونی آن‌ها فلزات ضروری مانند مس و روی را انباشت می‌کند. بنابراین موارد بیان شده از دلایل مهم بالا بودن میزان فلز روی و بعد از آن مس در موش مغان نسبت به فلز کادمیوم بود. در مطالعه خزاعی و همکاران (۱۳۹۴) تجمع روی در کبد جرد ایرانی بیش‌تر از مس بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. فلز روی در تمامی بافت‌های جنس نر موش مغان بیش‌تر از جنس ماده بود. در مورد دو فلز مس و کادمیوم نیز در تمامی اندام‌های مورد مطالعه به‌غیر از کلیه، غلظت آن‌ها در جنس نر نسبت به ماده، بیش‌تر بود ($P<0/01$). در نتایج تحقیقات زرین‌تاب و میرزایی (۱۳۹۵) و موسوی و همکاران (۱۳۸۵) نمونه‌های موش قهوه‌ای (*Rattus norvegicus*) جنس نر نسبت به جنس ماده دارای غلظت‌های بیش‌تری از فلزات کادمیوم، مس و روی بودند. دلیل این تفاوت را می‌توان در تولیدمثل و شیردهی جنس ماده دانست که در جریان آن، مقداری از فلزات جنس ماده از بدن دفع می‌شود (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). Bergeron (۱۹۷۹) دلیل احتمالی تفاوت در تجمع و غلظت فلزات در دو جنس نر و ماده را تفاوت در نوع رژیم غذایی آن‌ها بیان می‌کند. در کل، فعالیت هورمون‌ها، رژیم غذایی و فعل‌وانفعالات موجود در فلزات مختلف در میزان جذب فلزات ضروری مانند مس و روی در جنسیت‌های مختلف تأثیرگذار است (Sánchez-Chardi و همکاران، ۲۰۰۹). جانورانی که متابولیسم بالاتری دارند بیش‌تر در معرض سموم و فلزات سنگین قرار می‌گیرند (Mugford و Kedderis، ۱۹۹۸). تفاوت تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف جنس‌های نر و ماده موش مغانی، نشان دهنده اهمیت جنسیت به‌عنوان یک عامل مؤثر در تجمع فلزات سنگین برای جوندگان است. بنابراین در صورت درنظر گرفتن این گونه به‌عنوان گونه شاخص زیستی لازم است در بررسی آلودگی‌های احتمالی این عامل مورد توجه قرار گیرد. فلزات روی، مس و کادمیوم در تحقیق حاضر در منطقه مطالعاتی بیش‌تر از راه مصرف کودها و آفت‌کش‌های معدنی در کشاورزی وارد اکوسیستم می‌شوند. تفاوت غلظت هر یک از فلزات در اندام‌های مختلف احتمالاً می‌تواند ناشی از تفاوت در عملکرد زیستی و متابولیسم سلولی هر یک از اندام‌ها باشد (Goyer، ۱۹۹۱؛ Canli و Furness، ۱۹۹۵). Ma و همکاران (۱۹۹۱) مهم‌ترین دلیل مواجهه پستانداران با فلزات سنگین را تغذیه بیان می‌کند و Ieradi و همکاران (۲۰۰۳) علت اصلی آلودگی جوندگان به فلزات سنگین را خاک آلوده زیستگاه آن‌ها گزارش کرد. جهت مقایسه غلظت پس‌زمینه فلزات روی، مس و کادمیوم در بافت‌های مختلف پستانداران هنوز استاندارد دقیقی وجود ندارد (زرین‌تاب و میرزایی، ۱۳۹۵). اما در برخی مطالعات مقادیر غلظت پس‌زمینه روی در بافت کبد پستانداران کوچک ۱۹۹-۱۱۳ و برای مس در بافت کبد ۳۲/۷-۱۲/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک بیان شده است (Talmage و Walton، ۱۹۹۱) که در مقایسه با تحقیق حاضر غلظت فلز روی در کبد با میزان ۱۵/۶۸ و مس در کبد ۱۳/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن تر بیانگر این مطلب است که در محدوده پس‌زمینه قرار دارند و به حد بحرانی نرسیده‌اند.

منابع

۱. **اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست، چاپ اول، انتشارات نقش مهر.

۲. **پیشگاهی‌فرد، ز.؛ قالیباف، م.ب.؛ حیدری‌فر، م.ر. و حیدری، ش.، ۱۳۹۰.** بسترهای ژئوپلیتیکی قاچاق کالا و ارز با تأکید بر بازارچه‌های مرزی (استان کرمانشاه). پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۶، شماره ۳، صفحات ۴۶۵ تا ۴۸۴.

۳. **حمیدیان، ا.ح.؛ خزاعی، م.؛ علیزاده‌شعبانی، ا.؛ اشرافی، س.؛ میرجلیلی، ا. و اسمعیلی، ع.، ۱۳۹۴.** ارزیابی غلظت فلزات در

www.SID.ir

Archive of SID

بافت‌های مختلف جرد ایرانی با استفاده از روش آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی. نشریه دامپزشکی. شماره ۱۰۹، صفحات ۱۰ تا ۱۷.

۴. **خزاعی، م.؛ حمیدیان، ا.ح.؛ علیزاده‌شعبانی، ا.؛ اشرافی، س.؛ میرجلیلی، ع.ا. و اسمعیلی، ع.، ۱۳۹۴.** بررسی میزان تجمع فلزات سنگین Zn ، Cu و Cr در بافت مو و کبد جرد ایران *Meriones persicu* درهٔ زرشک، یزد. نشریه محیط‌زیست طبیعی. دوره ۶۸، شماره ۴، صفحات ۵۵۷ تا ۵۴۹.

۵. **زرین‌تاب، م. و میرزایی، ر.، ۱۳۹۵.** بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین در اندام‌های مختلف موش قهوه‌ای به‌عنوان گونه شاخص زیستی در شهرستان آران بیدگل استان اصفهان. مجله محیط‌زیست جانوری. سال ۸، شماره ۳، صفحات ۹ تا ۱۸.

۶. **سهرابی، د. و غلامی، م.ر.، ۱۳۸۷.** بررسی اثرات مزمن فلز روی (کلرید روی) بر بافت‌های کبد، کلیه و طحال در موش صحرایی نر بالغ. نوید نو. دوره ۴۱، صفحات ۳۴ تا ۴۱.

۷. **موسوی، س.م.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و ریاحی‌بختیاری، ع.ر.، ۱۳۸۵.** تعیین میزان روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت‌های مختلف موش قهوه‌ای و بررسی آلودگی فلزات سرب و کادمیوم در شهر نور. دانشور پزشکی. دوره ۱۴، شماره ۶۷، صفحات ۴۹ تا ۵۵.

۸. **مشروفه، ع.ر.؛ ریاحی‌بختیاری، ع.ر. و پورکاظمی، م.، ۱۳۹۱.** بررسی میزان فلزات کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در بافت‌های مختلف فیل ماهی ازون برون و ریسک ناشی از مصرف بافت عضلانی آن‌ها مربوط به حوزه جنوبی دریای خزر. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره ۲۲، شماره ۹۶، صفحات ۸۹ تا ۹۶.

۹. **یونسی‌پور، ح.؛ نصراله‌زاده‌ساروی، ح. و ساداتی‌پور، س.م.ت.، ۱۳۹۳.** بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین ضروری (آهن، مس و روی) و نیمه ضروری (نیکل، کبالت و منگنز) در بافت خوراکی ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) دریای خزر. نشریه توسعه آبزی‌پروری. دوره ۱، شماره ۸، صفحات ۹۵ تا ۱۰۶.

۱۰. **Beernaert, J.; Scheirs, J.; Leirs, H.; Blust, R. and Verhagen, R., 2007**. Non destructive pollution exposure assessment by means of wood mice hair. Environ. Pollut. Vol. 145, pp: 443-451.

۱۱. **Bergeron, J.M. and Juliet, J., 1979**. L'alimentationestivale du campagnoldeschamps, *Microtus pennsylvanicus* Ord. Canadian J of Zoology. Vol. 57, pp: 2028-2032. (In French).

۱۲. **Bla´zovics, A.; Abaza, M.; Sı´pos, P.; Szemtmiha´lyi, K.; Fehe´r, E. and Szila´gyi, M., 2002**. Biochemical and morphological changes in liverand gallbladder bile of broiler chicken exposed to heavy metals (cadmium, lead, mercury). Trace Elementsand Electrolytes. Vol. 19, No. 1, pp: 42-47.

۱۳. **Boening, D.W., 2000**. Ecological effects, transport, and fate of mercury: A general review. Chemosphere. Vol. 40, pp: 1335-1351.

۱۴. **Canli, M. and Furness, R.W., 1995**. Toxicity of heavy metals dissolved in sea water and influences of sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. Mar. Environ. Res. Vol. 36, pp: 217-236.

۱۵. **Damek-Poprawa, M. and Sawicka-Kapusta, K., 2003**. Damage to the liver, kidney, and testis with reference to burden of heavy metals in yellow-necked mice from areas around steelworks and zinc smelters in Poland. Toxicology. Vol. 36, pp: 1-10.

۱۶. **Damek-Poprawa, M. and Sawicka-Kapusta, K., 2004**. Histopathological changes in the liver, kidneys, and testes of bank voles environmentally exposed to heavy metal emissions from the steelworks and zinc smelter in Poland. Environmental research. Vol. 96, No. 1, pp: 72-78.

۱۷. **Filazi, A.; Baskaya, R. and Kum, C., 2003**. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from sinop-Icliman. Turkey. Human & Experimental Toxicology. www. hetjournal.com. Vol. 22, pp: 85-87.

۱۸. **Filistowicz, A.; Dobrzański, Z.; Przysiecki, P.; Nowicki, S. and Filistowicz, A., 2011**.Concentration of heavy metals in hair andskin of silver and red foxes (*Vulpes vulpes*). Environmental monitoring and assessment. Vol. 182, No. 1-4, pp: 477-484.

۱۹. **Freedman, B., 1989**. Environmental Ecology. The impact of pollution and other stresses on ecosystem structure and function. Academic press, London.

۲۰. **Gdula-Argasińska, J.; Appleton, J.; Sawicka-Kapusta, K. and Spence, B., 2004.** Further investigation of the heavy metal content of the teeth of the bank vole as an exposure indicator of environmental pollution in Poland. Environmental Pollution. Vol. 131, No. 1, pp: 71-79.

۲۱. **Goyer, R.A., 1991**. Toxic effects of metals. In: Amdur, M. O., Doul, J., Klaasen, C. D.(Eds), Casarette and Doull's Toxicology. Pergamum Press, Oxford.

۲۲. **Haschek, W.M. and Rousseaux, C.G., 1998**. Fundamentals of Toxicological Pathology. Academic Press, San Diego, California, USA.

۲۳. **Horai, S.; Watanabe, I.; Takada, H.; Iwamizu, Y.; Hayashi, T.; Tanabe, S. and Kuno, K., 2007**. Trace element accumulations in 13 avian species collected from the Kanto area, Japan. Science of the Total Environment. Vol. 373, pp: 512-525.

۲۴. **Houserova, P.; Hedbavny, J.; Matejicek, D.; Kracmar, S.; Sitko, J. and Kuban, V., 2005**. Determination of total mercury in muscle, intestines, liver and kidney tissues of cormorant (*Phalacrocorax carbo*), great crested grebe (*Podiceps cristatus*) Eurasian buzzard (*Buteo buteo*). Veterinarni Medicina Czech. Vol. 50, pp: 61-68.

۲۵. **Ieradi, L.A.; Cristaldi, M.; Mascanzoni, D.; Cardarelli, E.; Grossi, R. and Campanella, L., 1996.** GeneticDamage in Urban Mice Exposed to Traffic Pollution.

۲۶. **Ma, W.C.; Denneman, W. and Faber, J., 1991.** Hazardous exposure of ground living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 51, pp: 521- 566.

۲۷. **Marcheselli, M.; Sala, L. and Mauri, M., 2010**. Bioaccumulation of PGEs and other traffic-related metals in populations of the small mammal Apodemussylvaticus. Chemosphere. Vol. 80, pp: 1247-1257.

۲۸. **Mugford, C.A. and Kedderis, G.L., 1998**. Sex dependent metabolism of xenobiotics. Drug Metabolism Review. Vol. 30, pp: 441-498.

۲۹. **Nowak, R.M., 1999**. Walker's Mammals of the World. Sixth ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. ML.

۳۰. **Pereira, R.; Pereira, M.L.; Ribeiro, R. and Gonzales, F., 2006.** Tissues and hair residuesand histopathology in wild rats (*Rattus rattusL.*) and Algerian mice (*Muss pretus*) from an abandoned mine area (Southeast Portugal). Environmental Pollution. Vol. 139, No. 3, pp: 561-575.

۳۱. **Rao, L.M. and Padmaja, G., 2000**. Bioaccumulation of heavy metals in *M. cyprinoids* from the harbor waters of Visakhapatnam. Bulletin of Pure and Applied Sciences: Section E. Mathematics and Statistics. Vol. 19, pp: 77-85.

۳۲. **Sánchez-Chardi, A. and Nadal, J., 2007**. Bioaccumulation of metals and effects oflandfill pollution in small mammals. Part I. The greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*. Chemosphere. Vol. 68, pp: 703-711.

۳۳. **Sawicka-Kapusta, K.; Zakrzewska, M.; Kowalska, A.; Lenda, B. and Skrobacz, M., 1995.** Heavy metal concentrations in small mammals from Borecka forest. Arch. Ochr.Srod. Vol. 3, pp: 229-234.

۳۴. **Schleich, C.E.; Beltrame, M.O. and Antenucci, C.D., 2010**. Heavy metals accumulation in the subterranean rodent *Ctenomy stalarum* from areas with different risk of contamination. Folia Zoology. Vol. 59, pp: 108-114.

۳۵. **Tchounwou, P.B.; Yedjou, C.G.; Patlolla, A.K. and Sutton, D.J., 2012**. Heavy metal toxicity and the environment. In Molecular, clinical and environmental toxicology. Springer Basel. pp: 133-164.

۳۶. **Talmage, S.S. and Walton, B.T., 1991.** Small mammals as monitors of environmental contaminants. Reviews of Environ Contamination and Toxicol.Vol. 2, pp: 12-012.

۳۷. **Zamani, R.; Mahmoodi, A.; Esmaili-Sari, A.; Ghasempouri, S.M. and Savabieasfahani, M., 2009**. Mercury in wetland birds of Iran and Iraq: contrasting resident moorhen, *Gallinula chloropus*, and migratory *Common Teal*, *Anas crecca*, life strategies. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 82, pp: 450-453.

www.SID.ir