

ارزیابی ریسک غیر سرطانی فلزات سنگین سرب، روی و کروم در منابع آب آشامیدنی شهر همدان در زمستان ۱۳۹۳

فاطمه فرخ نشاط*، دکتر علیرضا رحمانی**، دکتر محمدتقی صمدی**، دکتر علیرضا سلطانیان***

دریافت: ۹۴/۷/۲۱ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۰

چکیده:

مقدمه و هدف: فلزات سنگین از مضرترین آلاینده‌های موجود در منابع آب آشامیدنی هستند که دلیل آسیب‌های جدی در سیستم متابولیکی، فیزیولوژیکی و ساختاری بدن به شمار می‌روند. فعالیت‌های صنعتی مثل نشت فاضلاب‌های صنعتی، ذخیره‌سازی و دفع نادرست زباله‌های صنعتی همچنین فرسودگی شبکه توزیع و شبکه خانگی می‌تواند باعث منتشر شدن فلزات سنگین در آب آشامیدنی گردد. بنابراین، سنجش میزان این عناصر در نقطه مصرف ضروری می‌باشد و به‌مین منظور این مطالعه با هدف تعیین ریسک غیر سرطانی فلزات سنگین سرب، روی و کروم در منابع آب آشامیدنی شهر همدان در زمستان ۱۳۹۳ انجام گرفت. **روش کار:** مطالعه حاضر، بصورت توصیفی - مقطعی و روش نمونه برداری بصورت طبقه‌ای بود. سنجش غلظت نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل (Perkin Elmer, AAS-PEA-700) انجام شد و جهت برآورد میزان مواجهه مقطعی و توصیف خطرات از روش US EPA استفاده گردید.

نتایج: آزمایشات نشان داد که میانگین غلظت سرب، کروم و روی به ترتیب در نقاط مصرف با منابع آب سطحی ۱۰/۹۲۷، ۲/۲۴۶ و ۱۳۰۵/۶۰۴ و زیر زمینی ۱۹/۳۰۱، ۱۱/۰۸۵ و ۱۶۱۳/۷۰۹ و مخلوط ۲۰/۰۸۵، ۱۱/۵۶۳ و ۱۲۹۹/۸۴۴ میکرو گرم بر لیتر می‌باشد. میانگین شاخص ریسک مواجهه مقطعی سرب، برای تمامی گروه‌های سنی ریسکی نشان نداد. از نظر روی و کروم در دو گروه سنی زیر یکماه و ۳-۱ ماه، ۷/۳۱ درصد از نمونه‌ها دارای ریسک بودند و میزان مواجهه روی و کروم به ترتیب بالاتر از ۰/۳ و ۰/۰۳ mg/kg.day بود.

نتیجه‌نهایی: ۴۱/۴۶ درصد از نمونه‌های آب آشامیدنی شهر همدان دارای غلظت سرب بالاتر از حد استاندارد WHO و موسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران و ۳۹/۰۲ درصد از نمونه‌ها دارای غلظتی بالاتر از حد استاندارد EPA داشتند که هیچ کدام از نمونه‌ها دارای ریسک مقطعی برای کودکان و بزرگسالان نبودند. با وجود اینکه مقدار کروم و روی زیر حد استاندارد بود ولی به دلیل پتانسیل بالای بیماری‌زایی آنها ریسک را در دو گروه سنی زیر یکماه و ۳-۱ ماه نشان داد، در نتیجه غلظت زیر حد استاندارد نمی‌تواند تضمینی برای عدم وجود ریسک باشد.

کلید واژه‌ها: آب / جذب اتمی / فلزات سنگین

مقدمه:

صنایع به آب‌های سطحی و یا در اثر حمل و نقل و دفع نادرست زباله‌های صنعتی و نهایتاً ورود به خاک و سپس آبهای زیر زمینی، منابع آبی را آلوده خواهند کرد (۲). فلزات سنگین فلزات کم‌مقداری هستند که دانسیته‌ای تا حدود پنج برابر آب دارند. بنابراین، آنها عناصر پایداری هستند و بدن نمی‌تواند آنها را تجزیه کند و در بافت زنده جمع و نهایتاً وارد زنجیره غذایی انسان می‌شوند (۲).

پیشرفت تکنولوژی و صنعت در جهان موجب رفاه و بالا رفتن سطح زندگی جوامع بشری گردیده است. توسعه روزافزون صنعت اگرچه مزایای بی‌شماری را با خود به ارمغان می‌آورد ولی مشکلات خاصی را هم به دنبال خواهد داشت و در بسیاری موارد سلامتی انسان را تهدید می‌نماید (۱). فلزات سنگین از طریق نشت فاضلاب

* کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

** استاد گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان (rahmani@umsha.ac.ir)

*** دانشیار گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی دانشگاه علوم پزشکی همدان

تهوع است و در طولانی مدت منجر به بیماریهای سیستم عصبی، آسیب لوزالمعده و کاهش کلسترول مناسب می گردد. استاندارد ثانویه روی برای آب آشامیدنی ۵ mg/L است میزان بیش از این مقدار باعث ایجاد رنگی گچی و مزه بدی در آب می گردد (۱۱، ۱۰). استاندارد روی در آب آشامیدنی در ایران و WHO، ۳ mg/L می باشد (۸، ۹).

ارزیابی خطر فرآیندی است که جهت برآورد طبیعت و احتمال ایجاد اثرات مضر سلامتی بواسطه مواجهه با آلاینده های شیمیایی محیطی در زمان حال و آینده بکار می رود. مطابق تعریف ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و برنامه بین المللی ایمنی مواد شیمیایی ارزیابی خطر فرآیندی است که با هدف محاسبه یا برآورد خطر موجود برای یک ارگانیزم، سیستم یا جمعیت بکار می رود (۱۲). ارزیابی خطر در چهار گام شناسایی مخاطرات، ارزیابی دوز پاسخ، ارزیابی مواجهه و توصیف خطرات به انجام می رسد (۱۳).

با توجه به اینکه در شهر همدان اطلاعات کمی در زمینه مقدار فلزات سنگین از شبکه توزیع آب وجود دارد (طبق پرسش و پاسخ های انجام شده از مسئولین شرکت آب و فاضلاب استان همدان) و مطالعات در دهه های گذشته نشان داده است که غلظت فلزات سنگین در آب آشامیدنی همدان از حد استاندارد بالاتر بوده است (مطالعه کریم پور و شریعت در سال ۱۳۷۳ در شبکه آب شرب میانگین و انحراف معیار سرب، کادمیوم و کروم به ترتیب ۰/۵۱۴ (۰/۲۸۱) - ۰/۱۱۸ (۰/۱۶۹) - ۰/۱۰۷ (۰/۱۰۵) میلی گرم بر لیتر بوده است) (۱۴) لذا برآن هستیم که در این مطالعه از طریق سنجش غلظت سرب، کروم، روی در آب شرب و تعیین میزان مواجهه فلزات سنگین از طریق مصرف مستقیم آب آشامیدنی، ریسک بیماریزایی آنها را در ساکنین شهر همدان برآورد نموده که در نهایت بر جلوگیری از افزایش ریسک بیماریها از طریق فلزات سنگین، تأثیر خواهد گذاشت. ضمن اینکه در شهر همدان این مطالعه نادر و کار نو برای شروع اینگونه مطالعات در دانشگاه همدان و سایر دانشگاه های ایران می باشد و می تواند زمینه مطالعاتی دانشجویان را در سایر شاخه ها و آلاینده های دیگر گسترش دهد.

روش کار:

مشخصات منطقه مورد مطالعه: شهر همدان یکی از کلان شهرهای ایران در منطقه غربی و کوهستانی ایران و مرکز

فلزات سنگین مثل سرب، کادمیوم، روی، آرسنیک، آهن و... بطور گسترده توسط WHO مورد مطالعه قرار گرفته و اثرات آنها روی سلامت انسان بررسی می شود (۳). منبع ورود سرب به آب آشامیدنی در ساختمان ها، اتصالات و لوله کشی می باشد (۴). بنابراین مهم این است که میزان سرب در شیر های برداشت و مصرف اندازه گیری شود. مواجهه با سرب از طریق آشامیدن باعث اختلال در عملکرد کلیه ها، فشار خون بالا، اختلالات باروری و مرگ و میر بر اثر بیماریهای قلبی عروقی می شود و همچنین باعث ایجاد اختلالات عصبی در کودکان و کاهش وزن آنها و در بزرگسالان باعث افزایش فشار خون سیستمیک می گردد (۵). مقدار رهنمودی WHO و استاندارد ملی ایران برای سرب در آب آشامیدنی ۱۰ میکروگرم بر لیتر و مقدار رهنمودی EPA نیز ۱۵ میکروگرم بر لیتر است (۶). براساس نتایج پایگاه JECFA (کمیته مشترک کارشناسی WHO/EPA برای مکمل غذایی) بر روی میزان دوز- پاسخ سرب در خون و ایجاد فشار خون سیستمیک، ۲۵ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز باعث کاهش ۳ درجه از IQ در کودکان و افزایش ۳ میلی متر جیوه (۰/۴ کیلو پاسکال) افزایش فشار سیستمیک در بزرگسالان است (۶).

کروم (III) یک عنصر غذایی ضروری برای انسان است که بطور طبیعی در بسیاری از میوه ها، سبزیجات، گوشت، حبوبات و مخمر وجود دارد. کروم (VI) بطور طبیعی در محیط زیست در اثر فرسایش رسوبات رخ می دهد اما فعالیت های صنعتی مثل نشت فاضلاب های صنعتی و ذخیره سازی و دفع نادرست زباله های صنعتی می تواند باعث منتشر شدن این عنصر در آب و خاک گردد. کروم باعث انواع حساسیت های پوستی، آسیب به دستگاه گوارش، آسیب به کلیه ها و کبد می شود (۷). کروم (III) و کروم (VI) تحت پوشش استاندارد تعیین شده کروم کل هستند، به این دلیل که در طبیعت اشکال مختلف کروم قابل تبدیل به هم می باشند و جداگانه گزارش کردن آنها با وجود این احتمال تبدیل، صحیح نمی باشد (۷). مقدار استاندارد کروم در ایران و WHO، ۰/۰۵ و طبق استاندارد EPA ۰/۰۱ می باشد (۷-۹).

روی یکی از فراوانترین عناصر در پوسته زمین است که در مقادیر کم عنصری لازم برای بدن می باشد. مصرف کوتاه مدت روی باعث عوارضی چون دل پیچه، اسهال و

تکان داده شد تا خوب فیکس شوند و سپس در دمای C ۴۰ به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان منتقل شدند. سنجش pH نیز توسط pH متر پرتابل در ظرفی جداگانه در محل صورت پذیرفت (۱۸).

آزمایشات شیمیایی: سنجش غلظت نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل (Perkin Elmer, AAS-PEA-700) انجام شد. محلول های استوک برای هر سه عنصر ساخته و از آنها، محلول های استاندارد با غلظت های ۱۰،۲۰،۴۰،۶۰،۸۰،۱۰۰ میکرو گرم برلیتر برای عنصر سرب و کروم و در مورد روی، ۱۵۰۰، ۸۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰، ۱۰۰ میکروگرم برلیتر تهیه گردید. تمامی اصول ساخت محلول استوک طبق کتاب استاندارد متد انجام شد (۱۸). دستگاه جذب اتمی فقط میزان جذب نور ساع شده از لامپ های هالوکاند (مختص هر فلز) توسط اتم های فلز مورد نظر را به ما می دهد و برای اینکه بتوانیم غلظت نمونه های مجهول را محاسبه کنیم، پس از قرائت جذب مربوط به هر یک از محلول های استاندارد ساخته شده هر فلز توسط دستگاه، منحنی استاندارد (منحنی غلظت- جذب) مربوط به سه فلز رسم گردید. با داشتن میزان جذب قرائت شده مربوط به هر عنصر در نمونه مجهول و منحنی استاندارد، میزان غلظت عناصر در نمونه ها تعیین گردید. میزان جذب نمونه های مجهول برای حصول اطمینان با دو بار تکرار انجام شد.

شاخص مزمن مصرف روزانه فلزات: برای محاسبه ریسک بیماریزایی مقطعی لازم است میزان دوز در معرض قرار گیری برای افراد محاسبه گردد. جهت تعیین میزان مواجهه مقطعی و توصیف خطرات از روش US EPA (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا) استفاده شد. میزان مواجهه از طریق آشامیدن آب از معادله ۱ قابل محاسبه می باشد (۱۹،۲۰):

$$CDI = \frac{C \times IR}{BW} \quad \text{معادله ۱:}$$

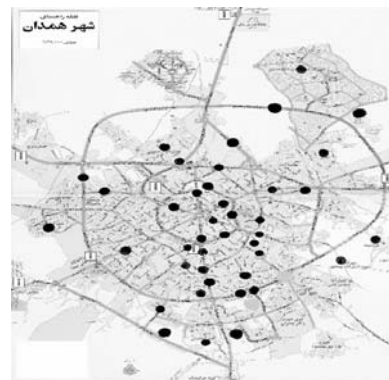
Chronic daily intake; CDI: شاخص مزمن مصرف روزانه (برای بیماریزایی غیر سرطانی) واحد آن میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز.
C: میلی گرم فلزسنگین که در یک لیتر آب آشامیدنی نمونه گیری شده ممکن است وجود داشته باشد.

Ingestion rate; IR: مقدار آب آشامیدنی که فرد با توجه به سن و وزن خود در روز بطور مستقیم مصرف می کند. (حجم بر زمان - میلی لیتر یا لیتر در روز)

شهرستان و استان همدان است. این شهر در دامنه کوه الوند و در بلندای ۱۷۴۱ متری از سطح دریا واقع شده است و از شهرهای سردسیر ایران به شمار می آید (۱۵) آب و هوای همدان مختلف و اوضاع جوی منطقه از لحاظ حداقل و حداکثر برودت و باران در فصول سال متغیر و در نقاط کوهستانی سرد است حد متوسط برف سالانه بین ۱۵۵ تا ۲۴۵ میلیمتر می باشد و سرما تا ۳۰ درجه زیر صفر می رسد (۱۶). جمعیت شهر همدان طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران برابر با ۵۴۸۰۳۷۸ نفر بوده است (۱۷).

نحوه و نقاط نمونه برداری و تعداد نمونه ها: مطالعه حاضر، بصورت توصیفی - مقطعی بود که در زمستان ۱۳۹۳ انجام پذیرفت. فصل زمستان نماینده روز های سرد سال است (طبق مطالعات هواشناسی شهر همدان تعداد روزهای سرد سال بیشتر از روزهای گرم آن است) و بطور تصادف یکی از روزهای زمستان برای نمونه گیری انتخاب شد.

نمونه برداری براساس اطلاعات جمع آوری شده از شرکت آب و فاضلاب شهر همدان شامل ۴۱ نقطه مشخص شده در شبکه توزیع و به تفکیک مخازن با منبع تغذیه از آبهای سطحی زیر زمینی و مخلوطی، برای آزمایشات پایش آب بود که در این مطالعه به تقسیم بندی این سازمان استناد شد. روش نمونه گیری، طبقه ای بود و از هر طبقه (براساس منابع تأمین آب سطحی، زیر زمینی و مخلوط) و خیابان های مشخص شده بطور تصادف از مراکز اداری، تجاری و مسکونی شهر تعداد ۴۱ نمونه برداشته شد (شکل ۱) و روند نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها طبق اصول کتاب استاندارد متد ویرایش بیستم صورت گرفت (۱۸).



شکل ۱: نقاط (سیاه رنگ) نمونه برداری در شهر همدان

ظروف نمونه برداری شیشه ای ۵۰۰cc حاوی اسید نیتریک ۶۵ درصد بود. بعد از انجام نمونه برداری ظروف

غیرسرطانزایی از معادله ۲ استفاده گردید (۲۱).

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad \text{معادله ۲:}$$

HQ: شاخص ریسک سلامت اگر بیش از یک باشد ریسک وجود دارد و اگر کمتر از یک باشد، ریسک ندارد.

RfD: مقدار دوز مواجهه مزمن مرجع مختص هر فلز (حداکثر مقداری از فلز که بالقوه فاقد اثرات مزمن از طریق نوشیدن آب بطور مستقیم است). که میزان RfD مطرح شده از سوی EPA برای سرب و کروم و روی به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۰۰۳، و ۰/۳ میلی گرم به ازای هر کیلو گرم از وزن بدن در روز می باشد (۲۲).

شاخص خطر HQ هر کدام از فلزات مورد مطالعه در نهایت در هر گروه سنی جداگانه با هم جمع می گردد و میزان تجمعی این ۳ فلز، شاخص ریسک زیر یک ایمن و بالای یک نا ایمن خواهد بود (۲۳).

$$\text{Hazard index (HI)} = \sum HQ_i \quad \text{معادله ۳:}$$

محاسبات آماری: جهت محاسبه میزان ریسک از فرمول نویسی در (Excel 2013 Microsoft Office 2013) و جهت محاسبه آمار توصیفی و تحلیلی از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده گردید.

میزان آب آشامیدنی مصرفی طبق آداب و رسوم و آب و هوا و وضعیت اقتصادی و... جامعه های مختلف متفاوت خواهد بود و بهتر است در مطالعه ای جداگانه بصورت کوهورت یکساله و با تدابیری معین این مقدار را بصورت خاص برای شهر همدان اندازه گیری کرد. ولی با وجود تفاوت های مطرح شده، هر انسان به طور میانگین در هر کجای کره زمین که باشد مقدار مشخصی آب مصرف می کند و اختلاف زیادی ندارد.

BW: میزان وزن فرد با توجه به سن. واحد کیلوگرم

میزان آب مصرفی با توجه به سن و وزن بدن توسط EPA شامل ۱۵ گروه سنی در جدول ۱ تقسیم بندی شده است (۲۰). استان همدان دارای آب و هوای سرد و خشک می باشد لذا در این تحقیق برای ارزیابی مواجهه از میانگین سرانه آب آشامیدنی جدول فوق استفاده خواهد شد. جهت جمع بندی موارد فوق می توان گروه بندی را در کل به دو دسته کودکان و بزرگسالان تقسیم بندی نمود. گروه سنی کودکان (صفر تا ۶ سال) سرانه آب آشامیدنی با ۰/۷۸ لیتر در روز و میانگین وزن بدن ۱۵ کیلوگرم و گروه سنی بزرگسالان (۶ تا ۷۰ سال) سرانه آب آشامیدنی با ۲/۵ لیتر در روز و میانگین وزن بدن ۸۰ kg تقسیم بندی شده اند (۲۱). شاخص ریسک سلامت: جهت محاسبه ریسک بیماریهای

جدول ۱: سرانه دریافت مستقیم آب آشامیدنی برای ۱۵ گروه سنی

ml/Kg-day	ml/day	ml/Kg-day	ml/day	گروه سنی
(سرانه آب آشامیدنی به میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز) صدک نود و پنجم	(سرانه آب مصرفی میلی لیتر در روز) صدک نود و پنجم	(سرانه آب آشامیدنی به میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز) میانگین	(سرانه آب مصرفی میلی لیتر در روز) میانگین	
۲۳۸	۸۵۸	۱۳۷	۴۷۰	یکماه < تولد
۲۸۵	۱۰۵۳	۱۱۹	۵۵۲	۳ ماه < یکماه
۱۷۳	۱۱۷۱	۸۰	۵۵۶	۶ ماه < ۳ ماه
۱۲۹	۱۱۴۷	۵۳	۴۶۷	۱۲ ماه < ۶ ماه
۷۵	۸۹۳	۲۷	۳۰۸	۲ سال < یکسال
۶۲	۹۱۲	۲۶	۳۵۶	۳ سال < ۲ سال
۵۲	۹۹۹	۲۱	۳۸۲	۶ سال < ۳ سال
۴۷	۱۴۰۴	۱۷	۵۱۱	۱۱ سال < ۶ سال
۳۵	۱۹۷۶	۱۲	۶۳۷	۱۶ سال < ۱۱ سال
۳۰	۱۸۸۳	۱۰	۷۰۲	۱۸ سال < ۱۶ سال
۳۶	۲۸۱۸	۱۱	۸۱۶	۲۱ سال < ۱۸ سال
۴۲	۳۰۹۲	۱۶	۱۲۲۷	< ۲۱ سال
۴۳	۲۹۶۰	۱۸	۱۲۸۸	< ۲۱ سال
۴۳	۲۵۸۹	۱۴	۸۷۲	زنان باردار
۵۵	۳۵۸۸	۲۶	۱۶۶۵	زنان شیرده

نتایج:

منابع زیر زمینی $r=0/896$ و $P=0/006$ و منابع مخلوط $r=0/833$ و $P=0/005$ می باشد.

نتایج ارزیابی مواجهه و ریسک: میزان مواجهه مزمن روزانه و ریسک بیماریزایی مقطعی سرب به تفکیک ۱۵ گروه سنی، به ترتیب همه موارد کمتر از $0/036 \text{ mg/kg.day}$ و یک می باشد و مواجهه در مورد کروم و روی نیز به جز در دو گروه اول و دوم الباقی گروه ها به ترتیب کمتر از $0/003$ و $0/3 \text{ mg/kg.day}$ است. برای سهولت در تفسیرها معمولاً گروه بندی به تفکیک ۱۵ گروه سنی را به دو گروه کودکان (۶ و زیر ۶ سال) و بزرگسالان (بالای ۶ سال) خلاصه شده است که نتایج حاصل از مواجهه مقطعی و ریسک بیماریزایی مقطعی سرب، کروم و روی نیز در تمامی موارد بترتیب کمتر از $0/036$ ، $0/003$ و $0/3 \text{ mg/kg.day}$ می باشند. در مطالعه مقطعی زمستان شاخص خطر تجمعی به تفکیک کودکان و بزرگسالان هیچ گونه ریسکی نشان نداد (جدول ۳).

نتایج آزمایشات آب: متوسط میزان غلظت سرب، کروم و روی در آب آشامیدنی شهر همدان در نقاط مصرف به ترتیب از بیشترین مقدار به کمترین $Zn > Pb > Cr$ بود که خلاصه نتایج آن به همراه مقدار pH در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج آزمون های آماری: مقایسه pH، روی، سرب و کروم در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر همدان به تفکیک منابع آب سطحی زیر زمینی و مخلوط طبق آزمون ANOVA به ترتیب با $P=0/132$ ، $P=0/473$ ، $P=0/170$ و $P=0/007$ به جز کروم الباقی موارد ارتباط معنی داری با نوع منبع نشان نداد. نتایج آزمون همبستگی چند متغیره بین سرب، کروم، روی و pH به تفکیک منابع سطحی، زیر زمینی و مخلوط نشان داد که بین غلظت سرب و کروم، همبستگی معنا داری وجود دارد و به ترتیب در منابع سطحی ضریب همبستگی $r=0/851$ و $P<0/0001$ ،

جدول ۲: غلظت سرب و کروم و روی (میکروگرم بر لیتر) و میزان pH در آب آشامیدنی شهر همدان (میکروگرم بر لیتر)

	فصل زمستان		
	سطحی نمونه ۲۵	زیر زمینی نمونه ۷	
pH			
	۶/۵۹-۷/۰۴	۶/۵۴-۶/۹	۶/۵۴-۶/۷۹
	$6/77 \pm 0/116$	$6/71 \pm 0/122$	$6/69 \pm 0/076$
Pb			
	۶/۰۱۱-۶۵/۷۲۸	۵/۱۸۳-۴۵/۳۶۵	۳/۵۵۴-۳۷/۴۹۲
	$10/927 \pm 14/642$	$19/301 \pm 15/286$	$20/085 \pm 12/322$
Cr			
	۰/۱۸۵-۱۴/۵۱۳	۰/۵۱۸-۳۴/۳۹۵	۰/۲۹۶-۳۰/۶۱۸
	$2/246 \pm 4/424$	$11/085 \pm 12/727$	$11/563 \pm 11/547$
Zn			
	۴۲۳/۷۵۶-۲۴۹۴/۸۴۷	۹۰۱/۳۳۳-۲۴۰۷/۶۴۳	۷۵۵/۵۳۹-۲۴۷۸/۸۳۷
	$1305/604 \pm 637/667$	$1613/709 \pm 491/766$	$1299/844 \pm 576/5$

جدول ۳: ریسک تجمعی فلزات سنگین به تفکیک کودکان و بزرگسالان (مقطعی)

	حد اکثر	حداقل		
میانگین و انحراف معیار			کودکان	فصل زمستان بزرگسالان
	۰/۳۱±۰/۱۴	۰/۶۱	۰/۰۹	
	۰/۱۹۱±۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۰۵	

طبق تقسیم بندی ۱۵ گروه سنی فقط ۴ گروه اول دارای ریسک بودند (جدول ۴).

جدول ۴: ریسک تجمعی فلزات سنگین به تفکیک ۱۵ گروه سنی زمستان

گروه سنی	حداقل	حداکثر میانگین و انحراف معیار ریسک تجمعی (%)	نمونه های دارای
یکماه < تولد	۰/۲۲	۰/۹۵±۰/۵۵	۴۶/۳۴
۳ ماه < یکماه	۰/۱۹	۰/۸۲±۰/۴۸	۳۶/۵۸
۶ ماه < ۳ ماه	۰/۱۲	۰/۵۵±۰/۳۲	۹/۷۵
۱۲ ماه < ۶ ماه	۰/۰۸	۰/۳۶±۰/۲۱	۲/۴۳
۲ سال < یکسال	۰/۰۴	۰/۱۹±۰/۱۱	۰
۳ سال < ۲ سال	۰/۰۴	۰/۱۸±۰/۱۰	۰
۶ سال < ۳ سال	۰/۰۳	۰/۱۴±۰/۰۸	۰
۱۱ سال < ۶ سال	۰/۰۲	۰/۱۲±۰/۰۷	۰
۱۶ سال < ۱۱ سال	۰/۰۱	۰/۰۸±۰/۰۵	۰
۱۸ سال < ۱۶ سال	۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۴	۰
۲۱ سال < ۱۸ سال	۰/۰۲	۰/۰۷±۰/۰۴	۰
< ۲۱ سال	۰/۰۲	۰/۱۱±۰/۰۶	۰
< ۶۵ سال	۰/۰۳	۰/۱۲±۰/۰۷	۰
زنان باردار	۰/۰۲	۰/۰۹±۰/۰۵	۰
زنان شیرده	۰/۰۴	۰/۱۸±۰/۱۰	۰

بحث:

براساس نتایج حاصل از این مطالعه، آب مصرفی شهر همدان از نظر سرب ۴۱/۴۶ درصد از نمونه ها دارای حدود غلظت بالاتر از استاندارد WHO و موسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران (۸۰۹) و بالای ۱۰ میکرو گرم بر لیتر می باشد و ۳۹/۰۲ درصد از نمونه ها دارای حدود غلظت بالاتر از استاندارد EPA (۶) و بالای ۱۵ میکرو گرم بر لیتر می باشد ولی هیچ گونه ریسکی برای کودکان و بزرگسالان و ۱۵ زیر گروه سنی مطرح شده نشان ندادند.

pH نیز یکی از مهمترین پارامترهای کنترل کیفی آب محسوب می شود؛ بالا بودن آن باعث طعم تلخ در آب می شود و pH اسیدی نیز باعث تشدید خوردگی (افزایش سرب و کروم) خواهد شد ولی با این حال طبق نظر سازمان بهداشت جهانی مقدار pH در آب آشامیدنی و سیستم های آبی هیچ اهمیت مستقیمی در ارزیابی خطرات بهداشتی ندارد (۲۴). میزان pH اندازه گیری شده در این مطالعه در محدود مجاز (۷/۵-۶/۸) ارائه شده از سوی موسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران و استاندارد های بین المللی می باشد (۸۰۹).

آب شبکه توزیع همدان از نظر روی و کروم، هیچ

کدام بالاتر از حد استاندارد نبودند و ریسکی برای گروه سنی بزرگسالان و کودکان نداشتند ولی به جهت اهمیت و پتانسیل بالقوه و بالای آن در بیماریزایی در دو زیر گروه سنی زیر یکماه و ۳-۱ ماه، ۷/۳۱ درصد از نمونه ها دارای ریسک بودند. در نتیجه پایین بودن غلظت فلزات سنگین از حد استاندارد ملی و بین المللی نمی تواند تضمینی برای عدم وجود ریسک باشد و به پتانسیل بیماریزایی آن فلز بستگی دارد. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA)، طبق آزمایشاتی که روی دوز - پاسخ این عناصر روی حیوانات انجام می دهند و با دخیل کردن ضرایب اصلاح اختلاف بین انسان و حیوان و حساسیت های هر انسان نسبت به انسان دیگر و... دوزی را به عنوان حداکثر دوزی که هیچ گونه بیماریزایی برای انسان نخواهد داشت را معرفی می کند که از آن به عنوان RfD در بخش مواد و روشها یاد شده است (۲۵). شاخص ریسک تجمعی سه فلزسنگین روی، سرب و کروم برای دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان تمامی موارد کمتر از یک بود که نشان می دهد این دو گروه در مقابل سه فلز مورد مطالعه ایمن هستند. برای بررسی دقیق تر، گروه های سنی را کوچک تر کرده و در هر کدام ریسک تجمعی را بررسی کردیم که در ۴ گروه سنی زیر یکماه، ۳-۱ ماه، ۳-۶ ماه و ۶-۱۲ ماه دارای ریسک بودند و این گونه می توان توجیه کرد که نسبت آب دریافتی به وزن بدنشان به مراتب بیشتر از گروه های سنی دیگر است.

نتایج آزمون آماری نشان داد که تفاوت غلظت کروم بین منابع آبی سطحی، زیر زمینی و مخلوط، معنادار است؛ همانطور که در بخش مقدمه ذکر شد، منبع اصلی کروم ساختار زمین و بدیهی است که غلظت کروم در آب های زیر زمینی بیش از سطحی باشد. همچنین به علت افت فشار در لوله ها و رهاسازی آنی (جهت جبران افت) آب در شبکه با منبع زیر زمینی میتواند توجیهی بر افزایش آن در منابع مخلوط باشد. از طرفی به علت شباهت کروم و سرب در مقاومت نسبت به خوردگی و وجود آنها در ساختار لوله و اتصالات می تواند دلیلی بر همبستگی معنا دار بین غلظت سرب و کروم باشد. میزان سرب موجود در برخی نقاط که بالاتر از حد استاندارد است نیز به دلیل استفاده از لوله و اتصالات سربی در شبکه خانگی می باشد.

سرب بالاتر از محدوده مجاز و منگنز، نیکل، روی زیر مقدار استاندارد بوده است. ارزیابی ریسک انسان بصورت مزمین ۵۲ ساله (مجازی با استفاده از فرمول) در برخی از فلزات سنگین (جیوه، نیکل، سرب و روی) سطح قابل قبولی را نشان داده است ولی در مورد جیوه و سرب شاخص خطر بالاتر از حد مجاز بوده است (۲۸). در تحقیقی که رجایی و همکاران (۲۰۱۲) در رابطه با ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در دشت علی آباد کتول انجام دادند، نتایج نشان داد ارزیابی ریسک جمعیتی بیماریهای غیر سرطانزایی کروم، روی، آرسنیک، سرب، کادمیوم $10^{-4} \times 2/53$ بوده است (۲۹).

نتیجه نهایی:

با وجود عدم ریسک بصورت مقطعی از طریق مواجهه آشامیدن آب با این غلظت سرب و وجود ریسک در کودکان زیر یک ماه و ۳-۱ ماه از طریق مواجهه با کروم و روی با وجود غلظت مجاز، و به دلیل وجود مقادیر بیش از حد استاندارد سرب در برخی نمونه ها و پتانسیل بالقوه کروم و روی در بیماریزایی، لازم است که مسئولین محترم شرکت آب و فاضلاب استان همدان، ضمن پایش مستمر فلزات سنگین، بررسی ها و پایش بینی لازم از جمله رفع آلودگی ناشی از فلزات سنگین را در نقطه مصرف به عمل آورند. به علت هزینه بالای آزمایشات امکان بررسی تعداد بیشتری از فلزات سنگین فراهم نبود. امید است این مطالعه زمینه ای را برای پژوهشگران فراهم آورد تا نسبت به بررسی و ارزیابی ریسک فلزات سنگین دیگر در دیگر استان ها اقدام گردد تا امکان مقایسه بیشتر و بهتر در این زمینه در ایران بدست آید.

سپاسگزاری:

مقاله اخیر منتج از پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط به شماره ۹۴۰۳۰۵۱۱۲۹ و تاریخ تسویه ۱۳۹۴/۳/۵ می باشد که با استفاده از منابع مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان به انجام رسیده است. نویسندگان مقاله از همکاری آن معاونت کمال تشکر را دارند و وجود هرگونه تعارض منافی را انکار می کنند.

به دلیل اختلاف ساختاری (قدیم و جدید) بین نقاط مختلف شهر غلظت سرب در برخی نقاط نمونه گیری با بافت قدیمی، از حد استاندارد بالاتر بود و این اختلاف بین نقاط باعث بالا رفتن انحراف معیار گردید.

طی مطالعه ای که لایم و همکاران در کره بصورت مقطعی انجام دادند، غلظت کادمیوم و روی در بسیاری از جریان های آبی که برای آب آشامیدنی در اطراف منطقه معدن مورد استفاده بود، بالاتر از حد مجاز ملی کره بود، لیکن شاخص خطر (HQ) همه فلزات سنگین در آب آشامیدنی در حد قابل قبول گزارش گردید (۲۳). در تحقیقی که صید محمد و همکاران در سال ۲۰۱۱ در آب آشامیدنی منطقه کوهستانی در شمال پاکستان بصورت مقطعی انجام دادند، کروم، مس، کبالت و منگنز طبق استاندارد EPA و WHO در محدوده مجاز بوده و غلظت کادمیوم ۱۷ درصد، نیکل ۲ درصد، سرب ۲۹ درصد و روی ۶ درصد بالاتر از حد طبیعی بوده است. ارزیابی ریسک بهداشتی و شاخص خطر نشان داده است که برای انسان بی ضرر است (۲۶). مطالعه کریم پور و شریعت در سال ۱۳۷۳ در شبکه آب شرب میانگین و انحراف معیار سرب، کادمیوم و کروم به ترتیب $0/514 (0/281) - 0/118 (0/169) - 0/107 (0/105)$ میلی گرم بر لیتر بوده است (۱۴)؛ با توجه به مطالعه موجود میتوان نتایج را چنان توجیه کرد که مطالعه گذشته فاصله زیادی با مطالعه حاضر دارد و بدلیل تغییرات بافت شهری و جدید و تعویض شدن لوله ها (PVC جایگزین سربی) می توان گفت که دلیل اختلاف غلظت برخی عناصر بوده است.

مطابق تحقیقاتی که کفایت الله خان و همکاران در سال ۲۰۱۳ در آب آشامیدنی منطقه سوات در شمال پاکستان بصورت مقطعی انجام دادند، غلظت کادمیوم، کروم، نیکل و سرب بالاتر از محدوده مجاز EPA و WHO و غلظت مس، منگنز و روی در محدوده مجاز بوده است (۲۷). در تحقیقی که ادمو و همکاران در سال ۲۰۱۴ در رابطه با آلودگی رود خانه State که در کنار معدن باریت در جنوب شرقی نیجریه قرار دارد انجام دادند، غلظت آهن، جیوه،

References

1. Baynes RE, Barlow B, Mason SE, Riviere JE. Disposition of melamine residues in blood and milk from dairy goats exposed to an oral bolus

of melamine. Food Chem Toxicol 2010;48(8): 2542-6.

2. Sanchez ML (ed). Causes and effects of heavy metal pollution. New York: Nova science

- 2008: 306-307.
3. Department of Epidemiology and Public Health, Hazards of heavy metal contamination. This article appears in: Impact of environmental pollution on health: Balancing risk. Imperial College, London, UK. *J Health Br* 2013; 68(1): 167-182.
 4. World Health Organization. Guidelines for drinking water quality: Recommendations. Translators: Nabizadeh R, Faezirazi D. Tehran: Nas, 1985:52-53. (Persian)
 5. World Health Organization. Background document for development of WHO guidelines for drinking water quality. Available from: <http://www.who.int/WHO/SDE/WSH/03.04/09/Rev/1>, 2011.
 6. Ul-Haq N, Arain MA, Badar N, Rasheed M, Haque Z. Drinking water: a major source of lead exposure in Karachi, Pakistan. *East Medite Health J LA* 2011; 17(11):882-6.
 7. US Environmental Protection Agency. Basic Information about chromium in drinking water. 2010; Available from: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/chromium.cfm>
 8. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No. 1053
 9. World Health Organization. Guideline for drinking-water quality (3rd ed incorporating 1st and 2nd Agenda). Vol. 1 Recommendations Geneva: WHO, 2008: 668.
 10. Environmental Bureau of Investigation EBI Contaminates Zinc, 2001: 9-11.
 11. US EPA (US Environmental Protection Agency), 2015. Available from: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/lead.cfm>.
 12. KaryabH. Excess cancer risk assessment poly aromatic hydrocarbons in drinking water in Tehran. Ph.D. Thesis of Tehran University of Medical Sciences, 2011.
 13. Covello VT, Merkhofer MW. Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental. New York: Plenum Press, 1993: 3-5.
 14. Karimpour M, Shariat M. A study of heavy metals in drinking water network, in Hamadan city in 1994. *Sci J Hamadan Univ Med Sci* 2000; 7(3): 44-47. (Persian).
 15. Saeidian A.H. Land and people of Iran, anthropology and customs of ethnic minorities. 4th ed. Tehran: The Institute of Publishing Elm and zendegi; 1990. (Persian)
 16. Population cities and households in 1390. Statistical Center of Iran. Retrieved on 16 Shahrivar 2012.
 17. List of dams in operation the province. Department of civil engineering and computer seconds. Archived from the original on 21 August 2012; Retrieved on 19 Persian date Azar 2011.
 18. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Copyright 1999 by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1999:355-374.
 19. Chrostowski PC. Exposure assessment principles. In: Patrick DR (ed). *Toxic Air Pollution Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1994:133-163.
 20. EPA. Exposure Factors Handbook. United States Environmental Protection Agency, Washington, 2011. DC.EPA/600/R-09/052F.
 21. USEPA (US Environmental Protection Agency), Guidance for Performing Aggregate Exposure and Risk Assessments, Office of Pesticide Programs, Washington, DC, 1999.
 22. US EPA IRIS (US Environmental Protection Agency)'s Integrated risk information system, 2011. Available from: <http://www.epa.gov/iris/>. Environmental Protection Agency Region I, Washington DC 20460. US EPA, 2012.
 23. Lim HS, Lee JS, Chon HT, Sager M. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au-Ag mine in Korea. *J Geochem Explor* 2008; 96: 223-230.
 24. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed. Vol 1. Recommendations. WHO: Geneva, 2008.
 25. US EPA IRIS (US Environmental Protection Agency)'s Integrated risk information system; Available from: <http://www.epa.gov/iris/rfd.htm>
 26. Said Muhammad MTS, Sardar Khan. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. *Micro Chem J* 2011; 98:334-343.
 27. Kifayatullah Khan YL, Hizbullah Khan, Shahida Zakir, Ihsanullah, Sardar Khan, Akbar Ali Khan LW, et al. Health risks associated with heavy metals in the drinking water of Swat, northern Pakistan. *J Environ Sci* 2013; 25(10): 2003-2013.
 28. Adamu CI, Nganje TN, Edet A. Heavy metal contamination and health risk assessment associated with abandoned barite mines in Cross River State, Southeastern Nigeria. *Environ Nano technol Monit Manage*, (2014). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2014.11.001>
 29. Rajaei Gh, Pourkhabbaz A, Hesari S, health risk assessment of heavy metals in groundwater Ali Abad Katool. *J North Khorasan Univ Med Sci* 2012;4(2): 155-162. (Persian).

*Original Article***Non-Carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metal of Lead, Chromium and Zinc in Drinking Water Supplies of Hamadan in Winter 2015**

F. Farokhneshat, M.Sc.^{*}; A.R. Rahmani, Ph.D.^{**}; M.T. Samadi, Ph.D.^{**}
A.R. Soltanian, Ph.D.^{***}

Received: 13.10.2015

Accepted: 29.2.2016

Abstract

Introduction & Objective: Heavy metals are the most harmful contaminants found in drinking water supplies that can lead to serious damage to metabolic, physiological and body structures. Industrial activities like production and storage of sewage spills and improper disposal of industrial wastes as well as the exhaustion of the distribution network and the home network can cause the release of heavy metals in the drinking water. Therefore, the measurement of these elements at the point of use is necessary.

Material & Methods: This cross-sectional study assessed the amount of lead, chromium, and zinc in the drinking water of Hamadan City in the winter of 1393 which can increase the risk of getting non-cancer diseases. Stratified random sampling was conducted to measure the samples concentration by atomic absorption (Perkin Elmer, AAS-PEA-700 model). In order to carry out the risk characterization and sectional exposure assessment, the US EPA (Environmental Protection Agency of America) were used.

Results: The results showed that the average concentration of lead, chromium and zinc at the point of use of surface water resources, 10.927, 2.246 and 1305.604 the underground 19.301, 11.085 and 1613.709 and mixed 20.085, 11.563 and 1299.844, respectively and the average of exposure to risk of children is 0.078 and of adults are 0.047 and lead risk index was $HQ < 1$ for all ages. Zinc and chromium had 31.7 percent risk for < 1 month and 1-3 month age group and exposure to zinc and chromium, higher than the 0.3, have been 0.003, respectively.

Conclusion: 41.46 percent of the samples contained Lead concentration higher than WHO standards and Industrial Research of Iran Institute of Standards and 39.02 percent of the samples had concentrations above the EPA standard. None of the samples had sectional risk for children and adults. Although the amount of chromium and zinc was sub-standard, because they are highly disease producing, the risk in the two following age groups increases: < 1 month and 1-3 months. Therefore, sub-standard concentration does not mean that there is no risk.

(*Sci J Hamadan Univ Med Sci 2016; 23 (1):25-33*)

Keywords: Atomic Absorption / Heavy Metals / Water

^{*} M.Sc. in Environmental Health, Hamadan University of Medical Sciences & Health Services, Hamadan, Iran.

^{**} Professor, Department of Environmental Health, School of Health

Hamadan University of Medical Sciences & Health Services, Hamadan, Iran. (rahmani@umsha.ac.ir)

^{***} Associate Professor, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Health

Hamadan University of Medical Sciences & Health Services, Hamadan, Iran.