ارزشیابی کروم شش ظرفیتی (محلول و نامحلول در آب) عامل ایجاد سرطان ریه در گرد و غبار هوای محیط کار واحد بارگیر خانه یک کارخانه تولید سیمان پرتلند تیپ پوزولانی

محمدرضا خرم زاده[۱] ، علی خوانین[۲]، سید باقر مرتضوی[۳] ، حسن اصیلیان[۲] ، اردلان سلیمانیان[۴] .

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

۴- مسئول آزمایشگاه گروه بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

بر اساس مطالعات انجام شده و استاندارد ACGIH کروم شش ظرفیتی در هر دو حالت محلول و نامحلول در آب می توانند در صورت استنشاق باعث ایجاد سرطان ریه گردند. اعتقاد بر این است که مکانیسم سرطانزایی کروم شش ظرفیتی در ریه بخاطر احیاء آن به کروم سه ظرفیتی و ایجاد واسطه های فعال و واکنش پذیر باشد که می توانند با ماکرومولکول های داخل سلولی نظیر DNA پیوند برقرار نموده و باعث ایجاد جهش ژنی گردند. با توجه به اینکه صنایع سیمان بخاطر ماهیت فرآیند تولید می تواند یکل از منابع ایجاد آلودگی کروم باشند ، بنابراین در این مطالعه هدف ارزشیابی این آلاینده در محیط واحد بارگیر خانهٔ یک کارخانه تولید سیمان پرتلند تیپ پوزولانی می باشد.

در این مطالعه بر اساس استاندارد شماره ۷۶۰۰ منتشر شده از سوی NIOSH ۶۰ نمونهٔ فردی (گرد و غبار قابل استنشاق) و ۵۰ نمونهٔ محیطی (گرد و غبار کل) جمع آوری گشته و ضمن استفاده از اسید سولفوریک ۰/۵ نرمال و محلول سود دو درصد و سدیم بی کربنات سه درصد در آب دو بار تقطیر شده به عنوان محلول استخراج برای حالت محلول و نامحلول در آب کروم شش ظرفیتی و نیز محلول دی فنیل کاربازاید به عنوان مصرف در طول موج ۵۴۰ نانومتر توسط دستگاه طیف سنج جذب نور مرئی آنالیزهای لازم جهت تعیین غلظت با توجه به منحنی استاندارد انجام پذیرفت.

نتایج نشان داد که میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول در آب در نمونه های فردی به ترتیب ۰/۰۶۵ و ۰/۰۳۴ میلی گرم در متر مکعب هوا و در نمونه های محیطی ۰/۰۶۶ و ۰/۰۳۸ میلی گرم در مترمکعب هوا می باشند که از مقدار حد آستانه برای مواجهه شغلی استاندارد ACGIH (برای کروم شش ظرفیتی در حالت محلول و نامحلول به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی گرم در مترمکعب هوا) بیشتر می باشند.

با توجه به اینکه نتایج بدست آمده بیش از حد استاندارد می باشند لذا انجام اقدامات کنترلی نظیر بررسی منابع ایجاد کروم شش ظرفیتی در فرآیند ایجاد سیمان جهت انجام مداخله برای کاهش میزان آن به زیر حد استاندارد، طراحی سیستم های تهویه موضعی مناسب، استفاده از وسایل حفاظت فردی و ماسک های تنفسی متناسب با آلاینده و انجام مطالعات مشابه بر روی سایر تیپ های سیمان تولید شده نیز توصیه می شود.

کلمات کلیدی : *کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول در آب، سرطان ریه ، سیمان پرتلند تیپ پوزولانی ، نمونه های گرد و غبار.*

مقدمه

کروم عموماً یک عنصر فراوان در پوستهٔ زمین می باشد و در حالت های اکسیداسیون از Cr^{+2} تا Cr^{+6} یافت می شود، ولی تنها اشکال سه و شش ظرفیتی آن از لحاظ بیولوژیکی حائز اهمیت هستند. با این وجود اشکال شش ظرفیتی نظیر ترکیبات کرومات از اهمیت صنعتی بیشتری برخوردار هستند. مصارف عمدهٔ ترکیبات کروم در زمینهٔ تولید رنگریزه های کروم ، استفاده در فرایند دباغی چرم ، ساخت مواد محافظ و نگهدارندهٔ چوب و نیز مواد ضد خوردگی و نسوز در سیستم های پخت ، دیگ های بخار و کوره ها می باشد (۱).

کروم موجود در هوای محیط کار می تواند در اثر فرآیندهای صنعتی بویژه صنایع تولید فروکروم ، تصفیه سنگ های معدنی ، تولید مواد نسوز و شیمیایی ، تولید سیمان و احتراق سوخت های فسیلی ایجاد می شود(۱).

کروم شش ظرفیتی اولین بار در سال ۱۹۸۰ در اثر گزارشات ارائه شده در مورد اشباع Adenocarcinoma در استخوان میانی بینی کارگران صنایع تولید رنگدانه های کرومی از لحاظ ایجاد سرطان در انسان مورد توجه قرار گرفتند. بعد از گزارشات اولیه مطالعات اپیدمیولوژیک بسیار دلالت بر این داشت که مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی باعث می شود تا ریسک ابتلاء به سرطان ریه ۱۸ تا ۸۰ برابر افزایش یابد، از اینرو کروم شش ظرفیتی هم اکنون در تمام دنیا به عنوان عامل ایجاد سرطان در ریه مورد توجه واقع گشته است(۲).

بر اساس مطالعات سم شناسی انجام شده ، تمام ترکیبات کروم شش ظرفیتی از لحاظ توان بالقوهٔ سرطانزایی یکسان نمی باشند. داده ها و اطلاعات موجود دلالت بر این دارند که املاح کروم شش ظرفیتی نامحلول در آب بیش از انواع محلول دارای توان سرطانزایی در ری می باشند(۳). اعتقاد بر این است که مکانیسم سرطانزایی کروم شش ظرفیتی در ریه بخاطر احیاء آن به کروم سه ظرفیتی و ایجاد میان واسطه های فعال و واکنش پذیر می باشد که می توانند با ماکرومولکول های داخل سلولی پیوند برقرار نمایند، که احتمالاً نقش عمده ای در فرآیند سرطانزایی ایفا می نمایند. ترکیبات سه ظرفیتی بطور قابل توجهی نسبت به ترکیبات شش ظرفیتی سمیت کمتری داشته و دارای خاصیت ایجاد التهاب و خورندگی نمی باشند(۱).

کروم شش ظرفیتی تنها گونه ای از فلزات سنگین سرطانزا (نظیر آرسنیک ، کادمیوم ، نیکل و کبالت) است که بطور مستقیم بوسیله برهمکنش با احیاء کننده های داخل سلولی گونه های اکسیژن واکنش پذیر ایجاد می نماید. رادیکال های هیدروکسیل تولید شده در مجاورت DNA باعث شکست زنجیرهٔ DNA و اکسیداسیون بازها و در نتیجه جهش ژنی ، توقف سنتز پروتئین و نسخه برداری از DNA می گردد(۴).

بر اساس استاندارد منتشر شده از سوی انجمن کنفرانس متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) میزان حد آستانه مجاز ۸ ساعته با کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول در آب به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی گرم در متر مکعب هوای محیط کار می باشد. براساس این استاندارد هردو حالت کروم شش ظرفیتی از لحاظ ایجاد سرطان در ریه دارای کلاس A_1 می باشند.

با توجه به اینکه صنایع تولید سیمان به عنوان یکی از منابع انتشار آلودگی کروم شناخته شده است ، در این مقاله سعی گردیده است تا میزان کروم شش ظرفیتی (محلول و نامحلول در آب) موجود در هوای منطقهٔ تنفسی کارگران واحد بارگیرخانه و نیز هوای عمومی محیط واحد بارگیرخانه یک کارخانه تولید سیمان پرتلند تیپ پوزولانی مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روشها

تحقیق به روش مطالعهٔ تحلیلی مقطعی صورت پذیرفت. در این مطالعه نمونه های فردی از گرد و غبار قابل استنشاق هوای منطقهٔ تنفسی کارگران واحد بارگیر خانه(۱۴نفر) در یک کارخانهٔ تولید سیمان طی دو شیفت صبح و عصر جمع آوری گشت. همچنین نمونه هایی از گرد و غبار کل هوای عمومی محیط بارگیرخانه نیز جهت

ارزیابی میزان آلودگی محیطی جمع آوری گشت . جهت تخمین تعداد نمونه مورد نیاز محیطی ابتدا یک پیش مطالعه انجام پذیرفت و با در نظر گرفتن انحراف معیار و میانگین بدست آمده تعداد نمونه های لازم برای هر حالت از کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول ۲۵ عدد تخمین زده شد.

برای انجام نمونه برداری و آنالیز از روش استاندارد شماره ۷۶۰۰ منتشر شده از سوی انستیتو ملی ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا (NIOSH) استفاده گردید. بر اساس این روش برای نمونه برداری گردو غبار از پمپ های نمونه برداری فردی SKC و فیلترهای غشایی PVC با قطر ۳۷ میلی متر و قطر خلل و فرج ۵ میکرومتر استفاده گردید. نمونه ها با گذر حجمی ۱/۷ لیتر بر دقیقه با توجه به منحنی کالیبراسیون پمپ ها طی مدت زمان ۴ ساعت که نمایندهٔ یک شیفت کامل کاری بود جمع آوری گشتند. همچنین جهت آنالیز نمونه های جمع آوری شده گرد وغبار هو از تکنیک طیف سنجی جذب اتمی (Atomic Absorption Apectrophotometry) استفاده گردید. در این روش جهت آماده سازی نمونه ها برای آنالیز هر دو حالت محلول و نامحلول کروم شش ظرفیتی به دو طریقهٔ متفاوت عمل گردید. در آماده سازی نمونه های گرد و غبار بر روی فیلتر جهت آنالیز حالت محلول کروم شش ظرفیتی جهت شستشوی فیلتر از اسید سولفوریک ۰/۵ نرمال استفاده گشت و پس از شستشوی تمام سطوح فیلتر و فیلتراسیون محلول حاصل جهت حذف ذرات معلق به آن مصرف دی فنیل کاربازاید اضافه گشته و در طول موج ۵۴۰ نانومتر نمونه ها مورد آنالیز قرار گرفتند. در روش آماده سازی نمونه های گرد و غبار روی فیلتر برای آنالیز حالت نامحلول کروم شش ظرفیتی جهت شستشوی فیلتر از محلول استخراج که از انحلال هیدروکسید سدیم دو درصد و سدیم بی کربنات سه درصد در آب دو بار تقطیر شده حاصل شده بود استفاده گشت. همچنین در این روش جهت جلوگیری از اکسیداسیون حالت سه ظرفیتی کروم به حالت شش ظرفیتی از دمش گاز نیتروژن خالص (با درجهٔ خلوص ۹۹/۹۹ درصد) به سطح محلول جهت جایگزینی اکسیژن استفاده گردید. در این حالت نیز نهایتاً پس از فیلتراسیون محلول و افزودن مصرف دی فنیل کاربازاید در طول موج ۵۴۰ نانومتر آنالیز انجام پذیرفته و میزان جذب قرائت گردید.

بنا به پیشنهاد NIOSH در این روش از کرومات پتاسیم جهت تهیه محلول های استاندارد و رسم منحنی استاندارد جهت تعیین جذب در نمونه ها استفاده گردید. محلول های استاندارد در غلظت های مختلف از صفر تا بیست میکروگرم در لیتر تهیه گردیدند. قبل از انجام آنالیز و قرائت میزان جذب دستگاه طیف سنج مورد استفاده (PHILIPS PU8750 UV/VIS Scanning Spectrophotometer) توسط اسید سولفوریک ۰/۵ نرمال صفر می گردید. دستگاه مورد استفاده با استفاده از نرم افزارهای آماری خاص و ضمن محاسبه فرمول رگرسیون منحنی استاندارد میزان غلظت را در هر نمونه بر حسب میکروگرم W ug بیان می نمود که پس از کسر میزان غلظت قرائت شده برای فیلترهای شاهد Bug از غلظت نمونه های اصلی و با توجه به حجم هوای نمونه برداری شده بر حسب لیتر V(lit) (که با توجه به دما و فشار در شرایط استاندارد تصحیح شده بود) از طریق فرمول زیر غلظت آلاینده در هوا برحسب میلی گرم در مترمکعب هوا بدست آمد :

$$C_{(mg/m^3)} = \frac{W_{(\mu g)} - B_{(\mu g)}}{V_{(lit)}}$$

جهت آنالیز آماری برای مقایسهٔ میانگین غلظت هر دو حالت کروم با یکدیگر از نرم افزار SPSS10 و آزمون تی تست مستقل (Independent T-test) استفاده گردید، ضمن آنکه غلظت های حاصله با استاندارد ACGIH برای حد آستانه مجاز کروم شش ظرفیتی (محلول و نامحلول در آب) در هوا مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته ها

نتایج حاصل از آنالیز و سنجش ۶۰ نمونه گرد و غبار هوای منطقه تنفسی کارگران واحد بارگیرخانه (۳۰ نمونه جهت حالت محلول و ۳۰ نمونه جهت حالت نامحلول) با فعالیت های پاکت زنی (۴ نفر ، ۱۸ نمونه) خدماتی (۲ نفر ، ۸ نمونه) و بارزن (۸ نفر،۳۴ نمونه) بصورت حداقل ، حداکثر ، میانگین و انحراف معیار در جدول ۱ نشان داده شده است. مقایسهٔ میانگین غلظت ها با مقدار استاندارد ACGIH نشان می دهد که مقدار آلاینده در گرد و غبار هوای منطقهٔ تنفسی کارگران برای هردو حالت از کروم شش ظرفیتی بیش از حد مجاز می باشد. همچنین چنانچه مشاهده می شود کارگران پاکت زن (که وظیفهٔ پرنمودن پاکت های خالی را توسط دستگاه Rotary Packer به عهده دارند) به ترتیب نسبت به کارگران بارزن (که وظیفه بار زدن پاکت های پر شده بر روی وسایل نقلیه) و خدمات رسان (که وظیفه نظافت واحد ، انتقال پاکت های پاره شده و آوردن پالت پاکت های خالی را به عهده دارند) از مواجههٔ بیشتری برخوردارند.

جدول شماره ۱ ـ نتایج حاصل از اندازه گیری حداقل ، حداکثر ، میانگین و انحراف معیار غلظت کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول در آب موجود در گرد و غبار قابل استنشاق هوای منطقه تنفسی کارگران واحد بارگیرخانه و سطح معنی داری اختلاف آنها

نوع عملکرد	نوع آلاینده / غلظت	غلظت آلاینده در گرد و غبار قابل استنشاق در منطقه تنفسی mg/m^3				ACGIH TLV-TWA (mg/m^3)	بررسی مقایسه ای میانگین ها P<
		حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین		
پاکت زن	کروم شش ظرفیتی محلول	۰/۰۰۷	۰/۰۷۵	۰/۰۰۱۷	۰/۰۷۳	۰/۰۵	۰/۰۰۰
	کروم شش ظرفیتی نامحلول	۰/۰۳۷	۰/۰۴۳	۰/۰۰۱۸	۰/۰۳۹	۰/۰۱	
بارزن	کروم شش ظرفیتی محلول	۰/۰۵۸	۰/۰۷۰	۰/۰۰۴۳	۰/۰۶۳	۰/۰۵	۰/۰۰۰
	کروم شش ظرفیتی نامحلول	۰/۰۲۹	۰/۰۳۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۳۳	۰/۰۱	
خدماتی	کروم شش ظرفیتی محلول	۰/۰۵۴	۰/۰۵۷	۰/۰۰۱۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵	۰/۰۰۰
	کروم شش ظرفیتی نامحلول	۰/۰۲۵	۰/۰۲۹	۰/۰۰۱۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱	

جدول شماره ۲ـ نتایج حاصل از اندازه گیری حداقل ، حداکثر ، میانگین و انحراف معیار غلظت کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول در آب موجود در گرد و غبار کل هوای عمومی محیط بارگیرخانه همراه با سطح اختلاف معنی داری آماری میانگین ها

نوع آلاینده / غلظت	غلظت آلاینده در گرد و غبار کل هوای محیط کار mg/m^3				ACGIH TLV-TWA (mg/m^3)	بررسی مقایسه ای میانگین ها P<
	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین		
کروم شش ظرفیتی محلول	۰/۰۳۲	۰/۰۹۵	۰/۰۲۱	۰/۰۶۶	۰/۰۵	۰/۰۰۰
کروم شش ظرفیتی نامحلول	۰/۰۰۹	۰/۰۶۳	۰/۰۱۳	۰/۰۳۸	۰/۰۱	

جدول شماره ۳ ـ نتایج حاصل از اندازه گیری حداقل ، حداکثر ، میانگین و انحراف معیار غلظت کروم شش ظرفیتی محلول در آب موجود در نمونه های گرد و غبار کل محیطی و قابل استنشاق فردی و بررسی سطح معنی داری اختلاف میانگین ها

غلظت / نوع نمونه برداری	غلظت کروم شش ظرفیتی محلول در آب موجود در گرد و غبار mg/m^3				ACGIH TLV-TWA (mg/m^3)	بررسی مقایسه ای میانگین ها P<
	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین		
گرد و غبار استنشاق فردی	۰/۰۵۴	۰/۰۷۵	۰/۰۰۶۶	۰/۰۶۵	۰/۰۵	۰/۷۹۴
گرد و غبار کل محیطی	۰/۰۳۲	۰/۰۹۵	۰/۰۲۱	۰/۰۶۶		

جدول شماره ۴ ـ نتایج حاصل از اندازه گیری حداقل ، حداکثر ، میانگین و انحراف معیار غلظت کروم شش ظرفیتی نامحلول در آب موجود درنمونه های گرد و غبار کل محیطی و قابل استنشاق فردی و بررسی سطح معنی داری اختلاف میانگین ها

غلظت / نوع نمونه برداری	غلظت کروم شش ظرفیتی محلول در آب موجود در گرد و غبار mg/m^3				ACGIH TLV-TWA (mg/m^3)	بررسی مقایسه ای میانگین ها P<
	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین		
گرد و غبار قابل استنشاق فردی	۰/۰۲۵	۰/۰۴۳	۰/۰۰۴۲	۰/۰۳۴	۰/۰۱	۰/۰۹۵
گرد و غبار کل محیطی	۰/۰۰۹	۰/۰۶۳	۰/۰۱۳	۰/۰۳۸		

در جدول ۲ نیز نتایج حاصل از اندازه گیری حداقل، حداکثر ، میانگین و انحراف معیار غلظت کروم شش ظرفیتی (محلول و نامحلول در آب) موجود در گرد و غبار کل هوای عمومی محیط بارگیرخانه مشاهده می شود. میانگین غلظت نمونه های محیطی نیز بیش از حد استاندارد ACGIH می باشند. همچنانکه در جداول ۳ و ۴ مشاهده می شود ، میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی در هر دو حالت محلول و نامحلول در آب موجود در نمونه های محیطی بیش از میانگین غلظت نمونه های فردی می باشد،ولی میانگین غلظت نمونه های فردی و محیطی نسبت به یکدیگر دارای سطح اختلاف آماری معنی دار نمی باشند (برای کروم شش ظرفیتی محلول در آب P = ۰/۷۹۴ و برای حالت نامحلول در آب (P = ۰/۰۹۵) .

از سوی دیگر بر اساس آنالیزهای آماری انجام گرفته (Independent T- test) میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول در آب در تمام موارد دارای اختلاف معنی دار نسبت به یکدیگر می باشند P = ۰/۰۰۰ .

بحث و نتیجه گیری

بر اساس استاندارد ACGIH حد آستانهٔ تماس طی یک شیفت برای کروم شش ظرفیتی در حالت های محلول و نامحلول موجود در گرد و غبار هوا به ترتیب mg/m^3 ۰/۰۵ و mg/m^3 ۰/۰۱ در نظر گرفته شده است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی در گرد و غبار قابل استنشاق هوای منطقهٔ تنفسی برای کارگران پاکت زن ، بارزن و خدماتی واحد بارگیر خانه به ترتیب برای کروم شش ظرفیتی محلول در آب ۰/۰۷۳ ، ۰/۰۶۳ و mg/m^3 ۰/۰۵۶ و برای حالت نامحلول کروم شش ظرفیتی نیز ۰/۰۳۹ ، ۰/۰۳۳ ،

۰/۰۲۷ میلی گرم در مترمکعب هوا ذکر شده است که در مقایسه با استاندارد ACGIH همه موارد بیش از حد مجاز بوده و با توجه به آزمون آماری One Sample T-test همگی نسبت به استاندارد دارای اختلاف آماری معنی دار می باشند. (P = ۰/۰۰۰)

همچنین میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی محلول و نامحلول در آب موجود در نمونه های گرد و غبار کل هوای محیط بارگیرخانه به ترتیب ۰/۰۶۶ و ۰/۰۳۸ میلی گرم در مترمکعب هوا ارائه شده است که بیش از حد استاندارد ACGIH بوده و با توجه به آزمون آماری One Sample T-test همگی نسبت به استاندارد دارای اختلاف آماری معنی دار می باشند. (P = ۰/۰۰۰)

بنابراین با توجه به نتایج حاصل موارد زیر جهت کاهش مواجهه افراد به گرد و غبار پیشنهاد می گردد:

- وسیلهٔ مخصوص پرکردن پاکت های سیمان بصورت پر کنندهٔ گردان (Rotary Packer) می باشد که توسط اپراتور پاکت زن ، پاکت های خالی به نازل پر کننده متصل شده و سپس تحت فشار هوا کیسه های پنجاه کیلویی ضمن چرخش پر گشته و بر روی نوار نقاله انداخته می شوند. قسمت اعظم آلودگی در این پست کاری بدلیل عدم وجود سیستم تهویه موضعی مناسب بر روی دستگاه Rotary Packer می باشد. در صورتیکه سیستم بسته بندی و پر کنندهٔ پاکت بغیر از محل ایستادن اپراتور و در سمت نوار نقاله بطور کامل توسط هودهای محصور کننده پوشانده شوند به کاهش بار آلودگی کمک می نمایند.
- جهت کاهش بار آلودگی محیط که به علت وزش باد ، تردد افراد و ماشین آلات ایجاد می گردد، باید نسبت به اعمال نظافت عمومی (House Keeping) در سطح واحد بارگیرخانه اقدام نمود.
- برای کاهش انتشار آلاینده باید سطح تردد ماشین آلات جهت بارگیری را نمناک نمود و نیز رانندگان را مؤظف کرد تا کفی تریلی ها را قبل از بارگیری مجدد تمیز کرده و در حین بارگیری خودرو را خاموش نمایند.
- با توجه به مقاومت اندک پاکت های کاغذی سیمان که پارگی آنها باعث ایجاد آلودگی می شود ، بنابراین استفاده از پاکت های چند لایه مقاوم تر توصیه می شود.
- جهت کاهش بار آلودگی در قسمت بارزنی بر روی تریلی طراحی و نصب سیستم های تهویه موضعی قابل انعطاف و تنظیم که همراه با پر شدن خودرو و همراه با کارگر بارزن جابجا بشود ، توصیه می شود.
- چرخشی نمودن کار جهت کاهش میزان مواجهه افراد پیشنهاد می گردد.
- استفاده از تجهیزات حفاظت تنفسی نظیر ماسک های تنفسی با کدهای N ، P و R95 جهت ممانعت از مواجهه با گرد و غبار سیمان توصیه می شود.
- انجام مطالعه بر روی عوامل ایجاد کروم شش ظرفیتی در طول پروسهٔ تولید سیمان و نیز مطالعه بر روی سایر انواع سیمان های تولید شده توصیه می شود.

منابع

1- Goyer RA, Clarkson TW. Casarret and Boulls Toxicology The Basic Siense of Poisons. 2001: 826-830.

2- John Pierce Wise, Sandra Swise, Jennifer E Little. The Cytotoxicity and Genotoxicity of Particulate and Soluble Hexavalent Chromium in Human Lung Cells. Mutation Research 2002;517: 221-229.

3- Barceloux DG. Chromium . Journal of toxicology. Clinical Toxicology 1997; 37 : 173-194.

4- Detmar Beyersmann. Effects of Carcinogenic Metals on Gene Expressoin. Toxicology Letters 2002; 127: 63-68.