

بررسی تأثیر مواجهه شغلی با بنزین و گازوئیل بر شاخص‌های بیوشیمیایی و هماتولوژیک خون کارکنان: خلاصه سیاستی

سمیه رحیمی مقدم^{۱*}، فاطمه مهرافشان^۱

۱-مرکز تحقیقات سلامت محیط کار، دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، نیشابور، ایران

چکیده

مقدمه: در این خلاصه سیاستی، پیامدهای سلامت ناشی از مواجهه شغلی کارکنان جایگاه‌های سوخت با بخارات بنزین و گازوئیل که حاوی ترکیبات آلی فرار هستند بررسی شده‌است. گسترش مصرف سوخت‌های فسیلی و تماس مستمر کارکنان با این آلاینده‌ها، در نبود چارچوب‌های سیاستی مشخص، می‌تواند خطر بروز اختلالات خونی و بیماری‌های هماتولوژیک را افزایش دهد. برای ارائه شواهد علمی معتبر، ۳۶ مطالعه شامل ۲۲۴۴ فرد دارای مواجهه شغلی و ۲۱۰۶ فرد غیرمواجهه تحلیل شد. نتایج نشان داد مواجهه طولانی‌مدت با بخارات سوخت موجب کاهش شاخص‌های گلبول قرمز و هموگلوبین و افزایش شاخص‌های گلبول سفید، پلاکت‌ها و برخی پارامترهای خونی می‌شود؛ اثراتی که با افزایش مدت مواجهه شدت می‌یابند.

بر اساس این یافته‌ها، مجموعه‌ای از گزینه‌های سیاستی پیشنهاد شده‌است؛ از جمله پایش دوره‌ای شاخص‌های خونی جهت تشخیص زودهنگام تغییرات، اجرای مداخلات مهندسی برای کاهش تماس شغلی، آموزش و ارتقای فرهنگ ایمنی، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، بهینه‌سازی شیفت‌ها و کاهش ساعات مواجهه، بهبود تهویه و فیلتراسیون محیط، محدودسازی دسترسی به مناطق پرخطر، ارائه حمایت‌های پزشکی و تغذیه‌ای، ثبت و پیگیری رخدادهای مواجهه و تدوین پروتکل‌های اجرایی برای مدیریت ایمن بخارات سوخت. این سیاست‌ها می‌توانند زمینه حفاظت مؤثرتر از سلامت کارکنان و کاهش ریسک‌های شغلی را فراهم کنند.

کلیدواژه‌ها: مواجهه شغلی، شاخص‌های خونی، بنزین، گازوئیل، جایگاه سوخت

نوع مقاله: خلاصه سیاستی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۱/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۱

*نویسنده مسئول: سمیه رحیمی

مقدم، مرکز تحقیقات سلامت محیط کار
دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، نیشابور،
ایران

تلفن: ۰۹۱۵۳۵۳۲۸۱۸

پست الکترونیک:
s.rahimimoghadam@gmail.com



مقدمه

رفت و آمد موجب می شود کارکنان بخش زیادی از زمان استراحت را در محل کار سپری کنند و در نتیجه مدت مواجهه و پیامدهای منفی احتمالی سلامت افزایش یابد (۸-۱۰).

ماهیت و بار بیماری های ناشی از مواجهه با سوخت ها، ضرورت اقدام نظام سلامت را برجسته می کند. آثار حاد مواجهه کوتاه مدت با بخارات بنزین و گازوئیل می تواند شامل سرگیجه، خواب آلودگی، سردرد، تپش قلب، سردرگمی و حتی مرگ در موارد شدید باشد (۱۱). علاوه بر این، حضور فلزات سنگین در ترکیبات سوخت ممکن است موجب اختلال عملکرد مغز استخوان، تغییر پارامترهای هماتولوژیک و بروز کم خونی شود (۱۲). مواجهه مزمن با ترکیباتی مانند بنزن نیز با افزایش احتمال بروز اختلالات خونی از جمله لوکمیا، لنفوم، سندرم میلودیسپلاستیک و انواع کم خونی ها همراه است (۱۳-۱۵). علاوه بر سیستم خونی، آسیب های کبدی، کلیوی و ژنتیکی نیز جزء پیامدهای مهم مواجهه طولانی مدت محسوب می شوند (۱۶-۱۸). مطالعات مختلف تغییرات معنی دار شاخص های خونی کارکنان جایگاه ها را نشان داده اند؛ با این حال، ناسازگارهای بین نتایج وجود دارد و اثرات منفی حتی در سطوح پایین تر از استانداردهای توصیه شده گزارش شده است (۱۹).

با توجه به این چالش ها، نظام سلامت نیازمند بهره گیری از برنامه ها، خدمات و اقدامات مبتنی بر شواهد برای پیشگیری، تشخیص زودهنگام و کاهش آسیب های ناشی از مواجهه شغلی با بخارات بنزین و گازوئیل می باشد؛ اقداماتی مانند پایش منظم شاخص های خونی، اصلاح دستورالعمل های حفاظت

گسترش روزافزون استفاده از سوخت های فسیلی و افزایش حضور افراد در محیط های کاری مرتبط با فرایندهای سوخت رسانی، به ویژه جایگاه های سوخت، موجب شده است که بنزین و گازوئیل به بخشی جدایی ناپذیر از فعالیت های صنعتی و حمل و نقل تبدیل شوند. با وجود این وابستگی، مواجهه مستمر با بخارات حاصل از این سوخت ها که حاوی ترکیبات آلی فرار و افزودنی های شیمیایی نظیر بنزن، سرب و اکسیژنات ها هستند، به یکی از چالش های مهم نظام سلامت و حوزه سیاست گذاری ایمنی شغلی تبدیل شده است (۱-۴). نبود چارچوب های جامع برای مدیریت مواجهه شغلی و ضعف در نظام پایش منظم شاخص های هماتولوژیک و بیوشیمیایی، می تواند به تصمیم گیری های غیرکارآمد و افزایش خطر بیماری های مرتبط با خون و تخریب عملکرد اندام های حیاتی منجر شود.

از منظر زمینه ای، کارکنان جایگاه های سوخت، مشتریان و رانندگان خودرو روزانه در معرض طیف گسترده ای از بخارات بنزین، گازوئیل و گاز طبیعی فشرده (CNG) قرار دارند. ترکیب جریان بالای سوخت و دمای زیاد محیط، انتشار هیدروکربن ها را تشدید می کند و کارکنان در عملیات سوخت گیری با مخلوط پیچیده ای از این ترکیبات مواجه هستند. مسیر اصلی ورود ترکیبات مضر به بدن استنشاق است؛ هرچند جذب پوستی و بلع اتفاقی نیز می تواند خطرزا باشد (۵-۷). برخی کشورها کاهش ساعات کاری را به عنوان راهکار محدودسازی مواجهه اعمال کرده اند، اما در بسیاری از مناطق، طولانی بودن مسیرهای



فردی، تدوین استانداردهای مواجهه، ارتقای تهبویه و آموزش کارکنان باید در نظر گرفته شوند. این خلاصه سیاستی با هدف کاهش شکاف‌های اطلاعاتی موجود و پشتیبانی از تصمیم‌گیری آگاهانه در سطح سیاستگذاری، یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل از اثرات مواجهه با بخارات بنزین و گازوئیل بر شاخص‌های هماتولوژیک و بیوشیمیایی کارکنان جایگاه‌های سوخت انجام داده‌است. هدف اصلی این ارزیابی، ارائه شواهد علمی معتبر برای کمک به تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های ایمنی مبتنی بر شواهد و ارتقای درک از خطرات بالقوه مواجهه مزمن با بخارات بنزین و گازوئیل در جایگاه‌های سوخت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای تدوین این خلاصه سیاستی، شواهد پژوهشی به‌صورت ترکیب‌شده (synthesized evidence) و بر پایه یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل گردآوری شدند. هدف از این فرآیند، انتخاب معتبرترین شواهد علمی در حوزه مواجهه شغلی با فرآورده‌های سوختی و پیامدهای هماتولوژیک، و فراهم‌کردن مبنایی قابل اتکا برای تدوین سیاست‌ها با رعایت ملاحظات عدالت در سلامت بود.

فرآیند شناسایی مطالعات با جستجو در پایگاه‌های PubMed، Scopus، ScienceDirect و Google Scholar انجام شد. راهبرد جستجو مبتنی بر کلیدواژه‌های MeSH و عملگرهای منطقی AND، OR و NOT بود و اصطلاحات مرتبط با مواجهه شغلی با سوخت و شاخص‌های خونی مورد استفاده قرار گرفتند.

معیارهای ورود و خروج مطالعات بر اساس چارچوب PICO تعریف شدند. جمعیت هدف شامل کارگران شاغل در

جایگاه‌های توزیع سوخت بود که در معرض بنزین، گازوئیل و سایر فرآورده‌های سوختی قرار دارند. گروه مقایسه افرادی بودند که هیچ مواجهه شغلی با سوخت نداشتند. پیامدهای بررسی‌شده شامل مجموعه‌ای از شاخص‌های هماتولوژیک (WBC، RBC، Hb، PLT، لنفوسیت، نوتروفیل، هماتوکریت، MCH، MCHC، RDW) بود. مطالعات کوهورت، مقطعی و مورد-شاهدی واجد شرایط ورود بوده و تنها مقالات انگلیسی تا تاریخ ۱۴۰۴/۰۱/۲۶ وارد شدند.

غربالگری مطالعات مطابق دستورالعمل PRISMA در دو مرحله (عنوان-چکیده و متن کامل) و توسط دو مرورگر مستقل انجام شد. اختلاف‌ها با بحث و توافق نهایی رفع شد. سپس نمودار جریان PRISMA برای نمایش مراحل جستجو، حذف و ورود نهایی مطالعات ترسیم شد.

داده‌ها توسط دو مرورگر مستقل و با استفاده از فرم استاندارد استخراج شدند و شامل سه دسته اصلی بودند: ابتدا اطلاعات شناسایی مقاله، از جمله نام نویسنده اول، سال انتشار، نام مجله و محل انجام مطالعه؛ سپس اطلاعات مربوط به نمونه، شامل تعداد افراد در گروه مواجهه و غیرمواجهه و همچنین میانگین و انحراف معیار شاخص‌های خونی؛ و در نهایت داده‌های مرتبط با سوگیری و روش‌شناسی مطالعه، به‌منظور ارزیابی کیفیت علمی و قابلیت اعتماد نتایج جمع‌آوری شد.

کیفیت شواهد با ابزار Newcastle-Ottawa Scale (NOS) ارزیابی شد؛ این ابزار سه جنبه انتخاب، مقایسه‌پذیری و سنجش مواجهه را بررسی می‌کند. مطالعاتی با امتیاز کمتر از ۵، مطابق



عنوان و چکیده منجر به حذف ۹۸ مطالعه شد و در مرحله بررسی متن کامل، ۱۲۲ مقاله به دلیل عدم ارتباط مستقیم با کارکنان پمپ‌بنزین یا فقدان داده‌های ضروری کنار گذاشته شد. همچنین ۱۰ مقاله به دلیل فقدان گروه کنترل یا عدم امکان استخراج داده‌ها کنار گذاشته شد. در نهایت ۳۶ مطالعه با معیارهای ورود مطابقت داشتند.

کیفیت این مطالعات با ابزار Newcastle-Ottawa ارزیابی شد: نه مقاله امتیاز ۷، سه مقاله امتیاز ۸، سیزده مقاله امتیاز ۶ و یازده مقاله امتیاز ۵ کسب کردند. تمام مطالعات دارای طراحی مقطعی بودند و داده‌های لازم برای متاآنالیز از آنها استخراج شد. در برخی مطالعات، شاخص‌های خونی بر اساس سال‌های مواجهه طبقه‌بندی شده بودند؛ بنابراین هر طبقه به عنوان یک داده مستقل در تحلیل استفاده شد.

نتایج این مطالعه که بر پایه تجزیه و تحلیل ۳۶ مقاله انجام شد، نشان داد مواجهه شغلی با بخارات بنزین و سایر فرآورده‌های نفتی با تغییرات قابل توجهی در شاخص‌های خون‌شناسی همراه است. در مجموع ۳۹ مطالعه شاخص هموگلوبین را بررسی کردند که شامل ۲۲۴۴ فرد مواجهه‌یافته و ۲۱۰۶ فرد غیرمواجهه بود. بیش از نیمی از این مطالعات (۵۳.۸٪) کاهش معنی‌دار هموگلوبین را گزارش نمودند و نتایج متاآنالیز ($SMD = -0.74$) این کاهش را تأیید کرد این کاهش در مواجهه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت مشاهده شد و تحلیل حساسیت، پایداری این اثر را نشان داد، نمونه‌ای از مطالعات شامل پژوهش‌های

توصیه‌های (۲۰)، حذف شدند. این ارزیابی نیز به‌طور مستقل و با رفع اختلاف‌ها از طریق توافق انجام گرفت.

در این خلاصه سیاستی، علاوه بر کیفیت علمی، به کاربردپذیری نتایج برای سیاستگذاری و همچنین پیامدهای احتمالی برای کاهش نابرابری‌های سلامت توجه شد؛ بدین معنا که نتایج مطالعاتی که قابلیت تعمیم به گروه‌های شغلی مشابه و آسیب‌پذیر را داشتند، در اولویت تحلیل قرار گرفتند.

تمامی مراحل پژوهش پس از اخذ تأییدیه از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی نیشابور انجام پذیرفت.

تحلیل‌های کمی با استفاده از نرم‌افزار Stata نسخه ۱۱ انجام شد. تفاوت میانگین استاندارد شده (SMD) برای هر شاخص خونی با فاصله اطمینان ۹۵٪ محاسبه شد. ناهمگنی با آماره I^2 و سوگیری انتشار با آزمون Egger ارزیابی گردید.

با توجه به ناهمگنی قابل توجه در مدت مواجهه، امکان انجام تحلیل دوز-پاسخ وجود نداشت؛ با این حال مطالعات بر اساس طول مدت مواجهه (≤ 2 سال و > 2 سال) طبقه‌بندی و تحلیل زیرگروه اجرا شد. برای ارزیابی پایداری نتایج، تحلیل حساسیت مطابق رویکرد (۲۱) انجام شد. همچنین نسبت مطالعاتی که اثر معنادار مواجهه بر شاخص‌های خونی را گزارش کرده‌اند، استخراج و تحلیل مقایسه‌ای ارائه شد.

یافته‌ها

براساس راهبرد جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های داده، در ابتدا ۱۸٬۳۰۰ مقاله شناسایی شد. پس از اعمال محدودیت‌های جستجو، تعداد مقالات به ۲۶۷ مورد کاهش یافت. غربالگری



انجام شده توسط Moneim و Hady و Ahmed و همکارانش است (۲۲، ۲۳).

در شاخص RBC نیز ۳۴ مطالعه کاهش قابل توجهی را گزارش کردند. حدود ۶۸ درصد مطالعات کاهش معنی‌دار را تأیید کردند و اثر تجمیعی متآنالیز ($SMD = -1.03$) این نتیجه را تقویت کرد. کاهش RBC یکی از قوی‌ترین اثرات مواجهه شغلی در میان تمام شاخص‌ها بود (۲۴، ۲۵).

در شاخص WBC، نتایج ۳۱ مطالعه نشان داد WBC در گروه مواجهه‌یافته به‌طور معنی‌داری پایین‌تر است ($SMD = -0.54$)، اگرچه تنها ۴۸.۳ درصد مطالعات تغییر معنی‌دار را گزارش کردند. این کاهش در مواجهه‌های طولانی‌تر برجسته‌تر بود. شاخص هماتوکریت نیز در ۲۲ مطالعه بررسی شد؛ با وجود گزارش اثر معنی‌دار در برخی مطالعات، متآنالیز تفاوت بین دو گروه را از نظر آماری معنی‌دار تشخیص نداد و ناهمگنی قابل توجهی میان مطالعات مشاهده شد (۲۳، ۲۴).

شاخص MCV در ۲۶ مطالعه بررسی شد و ۶۵ درصد آنها کاهش معنی‌دار را گزارش کردند. اثر تجمیعی متآنالیز

($SMD = -0.66$) نیز این کاهش را تأیید کرد. کاهش MCV همراه با کاهش Hb و RBC احتمال بروز میکروسیتوز و اختلال عملکرد مغز استخوان را مطرح می‌کند. شاخص MCH نیز در ۲۳ مطالعه بررسی شد و نتایج نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار آن در گروه مواجهه‌یافته بود ($SMD = -0.69$) و حدود ۶۱ درصد مطالعات این یافته را تأیید کردند (۲۲، ۲۳).

برخلاف این دو شاخص، MCHC که در ۲۲ مطالعه گزارش شده‌بود، افزایش معنی‌داری ($SMD = 0.74$) را نشان داد. این

افزایش در ۶۸ درصد مطالعات تأیید شده و احتمالاً بیانگر تغییرات جبرانی در ترکیب هموگلوبین در برابر استرس ناشی از مواجهه مزمن با ترکیبات فرار نفتی است (۱۸، ۲۲). شاخص پلاکت در ۲۸ مطالعه بررسی شد؛ اگرچه نیمی از آنها تغییر معنی‌دار گزارش کرده‌بودند، متآنالیز اختلاف معنی‌داری بین دو گروه نشان نداد و تنها روند افزایش ملایم در گروه مواجهه‌یافته قابل مشاهده بود (۱۸، ۲۲).

لنفوسیت‌ها (۱۳ مطالعه) و نوتروفیل‌ها (۱۱ مطالعه) در اکثر مطالعات تغییر معنی‌داری نشان ندادند. نسبت مطالعات دارای اثر معنی‌دار کمتر از ۴۰ درصد بود و نتایج متآنالیز نیز تفاوت آماری را تأیید نکرد (۲۳، ۲۴). شاخص MPV که در ۷ مطالعه بررسی شده‌بود، افزایش معنی‌دار قابل توجهی را نشان داد ($SMD = 0.76$) که در مواجهه‌های طولانی‌مدت شدت بیشتری داشت و می‌تواند نشانه فعال شدن پلاکت‌ها در اثر التهاب مزمن یا استرس اکسیداتیو باشد (۱۸، ۲۶). نهایتاً، شاخص PCV در ۸ مطالعه بررسی شد و در ۵۰ درصد مطالعات کاهش معنی‌دار داشت. متآنالیز کاهش بسیار قابل توج PCV را نشان داد

($SMD = -5.68$). که با سایر شاخص‌های مرتبط با گلبول قرمز هم‌راستا است (۲۷، ۲۸).

در مجموع، الگوی کلی یافته‌ها نشان می‌دهد مواجهه شغلی با بخارات بنزین عمدتاً موجب کاهش گسترده در شاخص‌های مربوط به گلبول‌های قرمز (Hb، RBC، MCV، MCH، PCV) و افزایش در برخی شاخص‌های مرتبط با غلظت یا عملکرد پلاکت‌ها (MCHC و MPV) می‌شود. از سوی دیگر، شاخص‌های مرتبط با گلبول‌های سفید (WBC، لنفوسیت و نوتروفیل) الگوی



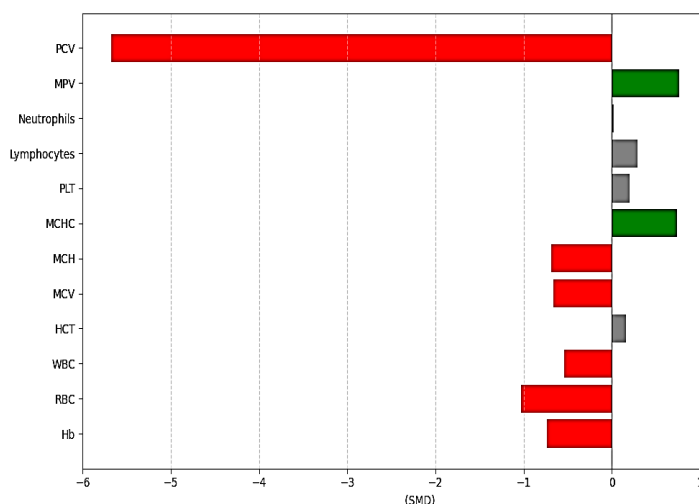
رخ دهد. بنزن به عنوان یک کارسینوژن شناخته شده، توسط سازمان بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) و کنفرانس آمریکایی بهداشت صنعتی دولتی (ACGIH) در گروه ۱ طبقه‌بندی شده و عامل شناخته شده سرطان‌های خون اعلام شده است (۲۱).

این مرور نظام‌مند و متاآنالیز شامل ۳۶ مطالعه در کشورهای در حال توسعه از جمله برزیل، مصر، اتیوپی، ایران، لیبی، پاکستان، فلسطین، سوریه، عراق، هند، نیجریه، عربستان سعودی و سودان با مجموع ۲,۲۴۴ نفر در گروه مواجهه و ۲,۱۰۶ نفر در گروه کنترل انجام شده است و یافته‌ها نشان داده‌اند که مواجهه مزمن با بخارات بنزین و BTEX تأثیرات متنوعی بر شاخص‌های خونی دارد، به طوری که RBC، Hb و WBC کاهش یافته‌اند و نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها و پلاکت‌ها افزایش یافته‌اند، هرچند برخی از این افزایش‌ها از نظر آماری معنادار نبوده‌اند.

شاخص‌های RBC و Hb کاهش قابل توجهی نشان داده‌اند که احتمالاً ناشی از اثرات مستقیم هماتوکسیک بنزن و متابولیت‌های آن بر سلول‌های بنیادی مغز استخوان است، در حالی که افزایش نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها و پلاکت‌ها ممکن است ناشی از فعال شدن پاسخ ایمنی و التهاب مزمن باشد (۲۹). این نتایج با مطالعات پیشین در صنایع مختلف همخوانی دارد، اگرچه برخی مطالعات تفاوت معناداری در پارامترهای خونی نشان نداده‌اند، مانند مطالعه Tsai و همکاران بر ۱۲۰۰ کارگر پتروشیمی (۳۱) و مطالعه Neghab و همکاران (۱۹) مطالعه Zamanian و همکاران در جایگاه‌های سوخت کرمانشاه

یکنواخت و پایداری نداشتند، اگرچه ممکن است در مواجهه‌های طولانی‌مدت تغییرات بارزتری بروز یابد. این الگو به طور کلی نشان‌دهنده بروز اختلالات هماتولوژیک اولیه و سمیت خون در اثر تماس شغلی مزمن با ترکیبات فرار نفتی است. شکل ۱ تغییرات شاخص‌های خونی ناشی از مواجهه شغلی با گازوئیل را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

شکل ۱: تغییرات شاخص‌های خونی ناشی از مواجهه شغلی با بنزین و گازوئیل



شکل ۱: میله‌ها نشان‌دهنده اندازه اثر استاندارد (SMD) برای هر شاخص هستند. رنگ میله‌ها جهت تغییر را مشخص می‌کند: قرمز = کاهش، سبز = افزایش، خاکستری = بدون تغییر معنی‌دار. خط عمودی سیاه وضعیت مرجع (SMD = 0) را نشان می‌دهد.

بحث

کارکنان جایگاه‌های سوخت در معرض بخارات بنزین و ترکیبات آلی فرار (VOCs) مانند بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن (BTEX) قرار دارند و بسیاری از این ترکیبات هنگام سوخت‌گیری یا نشت سوخت به سرعت تبخیر می‌شوند و باعث مواجهه تنفسی می‌شوند، هرچند جذب پوستی نیز ممکن است



کاهش معناداری در شمار یک نوع گلبول سفید مشاهده کرده است (۳۲).

با افزایش سال‌های مواجهه، تغییرات شاخص‌های خونی شامل Hb, RBC, WBC, Hct, MCV, MCH و MCHC شدت بیشتری یافته‌اند و مطالعاتی که میانگین مواجهه گروه بیش از دو سال بوده است، تغییرات بیشتری نسبت به مطالعات با مواجهه کمتر از ۰.۱ سال نشان داده‌اند (۳۳). این اثرات مزمن، همراه با خاصیت سرطان‌زایی BTEX، می‌توانند به عنوان هشدار اولیه برای احتمال توسعه بیماری‌های خون‌زا و سرطان در این گروه شغلی مورد توجه قرار گیرند.

اطلاعات مربوط به سایر پارامترهای خونی مانند PDW و RDW محدود بوده است و تنها سه مطالعه داده‌های مواجهه شخصی یا پایش هوا ارائه کرده‌اند (۳۴-۳۶). تفاوت بالای مطالعات اولیه ناشی از تفاوت ترکیب سوخت، محتوای بنزن، شرایط محیط کار، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و روش‌های آزمایشگاهی بوده است و کیفیت مطالعات با مقیاس Newcastle-Ottawa (NOS) برای ارزیابی سوگیری‌ها و تنوع طراحی مطالعات مورد توجه قرار گرفته است.

در این بخش، ملاحظات اجرایی و موانع بالقوه برای اجرای گزینه‌های سیاستی مرتبط با مواجهه شغلی کارکنان جایگاه‌های سوخت با بخارات بنزین و BTEX بررسی شده است و این بررسی سطوح مختلف برنامه‌ریزی و اجرای خدمات سلامت را شامل افراد دریافت‌کننده خدمت، افراد ارائه‌دهنده خدمت، واحد یا سازمان ارائه‌دهنده خدمت و نظام سلامت در سطح کلان در نظر گرفته است. همچنین پیشنهادهای برای برنامه پایش و

ارزشیابی ارائه شده است تا اثربخشی اقدامات سنجیده و بهبود یابد.

در سطح افراد دریافت‌کننده خدمت، افزایش آگاهی و آموزش کارکنان از طریق آموزش و فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی عمومی درباره خطرات مواجهه با بخارات بنزین و BTEX ضروری است. استفاده صحیح از تجهیزات حفاظتی فردی (PPE) موجب کاهش مواجهه مستقیم و غیرمستقیم می‌شود و برنامه‌های حمایت پزشکی و تغذیه‌ای می‌توانند اختلالات هماتولوژیک اولیه را شناسایی و اصلاح کنند. موانع این سطح شامل مقاومت افراد در پذیرش تغییرات رفتاری و محدودیت منابع آموزشی است.

در سطح افراد ارائه‌دهنده خدمت، اجرای پایش دوره‌ای شاخص‌های خونی برای شناسایی سریع اختلالات هماتولوژیک و اقدام پیشگیرانه اهمیت دارد. آموزش و توانمندسازی کارشناسان بهداشت و پزشکان در زمینه ارزیابی مواجهه و استفاده از PPE موجب افزایش مهارت و دانش عملی در کنترل مواجهه می‌شود، هرچند کمبود زمان و منابع مالی برای برگزاری دوره‌ها و نیاز به به‌روزرسانی مداوم دانش از چالش‌های مهم این سطح است.

در سطح واحدها و سازمان‌های ارائه‌دهنده خدمت، کنترل مهندسی و کاهش مواجهه، اصلاح تهویه و فیلتراسیون محیط کار و اصلاح شیفت‌ها و کاهش ساعات مواجهه از اقدامات کلیدی برای کاهش مواجهه کارکنان محسوب می‌شوند. تدوین و اجرای پروتکل‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی نیز موجب استانداردسازی فرآیندها، کاهش خطا و تسهیل نظارت می‌شود. محدود کردن دسترسی به مناطق پرخطر و نصب تجهیزات نظارتی نیز از دیگر اقدامات مؤثر است. موانع این سطح شامل



طولی و توسعه شاخص‌های عملکردی برای بررسی اثرات بلندمدت مواجهه و سنجش اثربخشی اقدامات ضروری است.

با توجه به شرایط موجود در نظام سلامت ایران و توافق نظر خبرگان، اولویت‌های اجرایی گزینه‌های سیاستی به سه بازه زمانی تقسیم شده‌اند: در کوتاه‌مدت، افزایش آگاهی عمومی و آموزش کارکنان و کارشناسان بهداشت؛ در میان‌مدت، تدوین و اجرای پروتکل‌های ایمنی، بهبود تهویه و اصلاح شیفت‌ها؛ و در درازمدت، حمایت از تحقیقات گسترده و تدوین سیاست‌های ملی و بین‌المللی برای مواجهه ایمن. این اقدامات با هدف کاهش خطرات مواجهه شغلی و ارتقای سلامت عمومی طراحی شده‌اند و باید مورد توجه سیاست‌گذاران حوزه سلامت قرار گیرند.

هزینه بالای تجهیزات، نیاز به نیروی انسانی متخصص و چالش‌های فنی در اجرای پروتکل‌ها است.

در سطح نظام سلامت کلان، تدوین سیاست‌ها و استانداردهای ملی و بین‌المللی برای مواجهه ایمن با سوخت‌ها و ترکیبات BTEX، حمایت از تحقیقات گسترده و ایجاد هماهنگی بین‌المللی از اولویت‌های اصلی است. محدودیت‌های مالی و زمانی و نیاز به هماهنگی بین‌المللی از چالش‌های مهم در این سطح محسوب می‌شوند.

برای برنامه پایش و ارزشیابی، ایجاد سیستم‌های ثبت و پیگیری رخدادهای مواجهه و پایش دوره‌ای شاخص‌های خونی برای شناسایی الگوها و نقاط پرخطر توصیه می‌شود. انجام مطالعات

جدول ۱- بررسی گزینه‌های سیاستی برای مدیریت ایمنی و کاهش خطرات مواجهه شغلی با بنزین و گازوئیل بر شاخص‌های بیوشیمیایی و هماتولوژیک خون کارکنان

نام گزینه	جنبه‌های ارزیابی یافته به‌دست آمده از مطالعات مرور نظام‌مند و یا سایر شواهد پژوهشی موجود	مزایا	معایب	هزینه‌ها و هزینه اثربخشی	در خصوص مزایا و معایب بالقوه (عدم اطمینان)	عناصر کلیدی گزینه (چرا و چگونه کار می‌کند)	دیدگاه تجارب و ذینفعان
پایش دوره‌ای شاخص‌های خونی کارکنان	کاهش Hb، MCV، RBC و MCH و افزایش MPV و MCHC	شناسایی سریع اختلالات هماتولوژیک و امکان اقدام پیشگیرانه	نیاز به منابع آزمایشگاهی و نیروی انسانی متخصص	نیاز به بودجه آزمایشگاه و نیروی انسانی دارد و اثربخشی بلندمدت مستلزم پایش مداوم است.	نتایج ممکن است تحت تأثیر تغییرات فردی و شرایط کاری متفاوت باشد.	پایش منظم موجب شناسایی زودهنگام تغییرات و کاهش پیامدهای بلندمدت می‌شود.	پذیرش بالا از سوی کارکنان و نیاز به هماهنگی با مراکز بهداشت



نام گزینه	جنبه‌های ارزیابی یافته به‌دست آمده از مطالعات مرور نظام‌مند و یا سایر شواهد پژوهشی موجود	مزایا	معایب	هزینه‌ها و هزینه اثر بخشی	در خصوص مزایا و معایب بالقوه (عدم اطمینان)	عناصر کلیدی گزینه (چرا و چگونه کار می‌کند)	دیدگاه تجارب و ذینفعان
کنترل مهندسی و کاهش مواجهه	مواجهه مزمن علت اصلی تغییرات شاخص‌ها خونی	کاهش ریسک ابتلا به کم‌خونی و اختلالات خون‌سازی	نیاز به سرمایه‌گذاری در تهویه و تجهیزات ایمنی	هزینه تجهیزات و نگهداری بالا است و نیازمند ارزیابی مداوم است.	تغییر شرایط محیطی و کارکرد تجهیزات ممکن است اثرگذاری را کاهش دهد.	کاهش مستقیم مواجهه شغلی با آلاینده‌ها انجام می‌شود.	هزینه اولیه بالا و اثر بلندمدت مثبت بر سلامت کارکنان
آموزش و فرهنگ‌سازی کارکنان	افزایش آگاهی کارکنان درباره استفاده صحیح از PPE و رفتار ایمن	ارتقای رعایت نکات ایمنی و کاهش مواجهه غیرمستقیم	اثر کوتاه‌مدت و وابسته به مشارکت فعال کارکنان	هزینه برگزاری دوره‌ها و تولید محتوا وجود دارد و اثر بخشی نیازمند پایش مداوم است.	آموزش موجب تغییر رفتار و کاهش مواجهه غیرمستقیم می‌شود.	مشارکت فعال کارکنان لازم است و احتمال مقاومت اولیه وجود دارد.	
تجهیزات حفاظتی فردی (PPE)	کاهش تماس مستقیم با بخارات بنزین	کاهش سریع مواجهه شخصی	استفاده ناقص یا اشتباه PPE ممکن است اثرگذاری را کاهش دهد.	هزینه خرید و نگهداری متوسط تا زیاد است و نیازمند آموزش مداوم می‌باشد.	پذیرش PPE متغیر است و میزان استفاده صحیح بر اثر بخشی آن تأثیر دارد.	PPE حفاظت فردی فراهم می‌کند و اثرات مواجهه را کاهش می‌دهد.	پذیرش متغیر کارکنان وجود دارد و آموزش مداوم لازم است
اصلاح شیفت‌ها و کاهش ساعات مواجهه	مواجهه طولانی‌مدت شدت تغییرات شاخص‌ها را افزایش می‌دهد.	کاهش تجمعی مواجهه	نیاز به اصلاح و سازمان‌دهی برنامه کاری و مدیریت منابع انسانی	هزینه برنامه‌ریزی متوسط است و اثر بلندمدت نیازمند پایش است.	تغییر شیفت‌ها ممکن است مقاومت مدیران و کارکنان را ایجاد کند.	کاهش مدت مواجهه موجب کاهش اثرات تجمعی می‌شود.	مقاومت احتمالی مدیران و کارکنان در تغییر شیفت‌ها مشاهده می‌شود.
اصلاح تهویه و فیلتراسیون محیط کار	غلظت بخارات بنزین در هوا کاهش می‌یابد.	کاهش مواجهه کل گروه کاری	هزینه تجهیزات و نگهداری سیستم‌ها	هزینه متوسط تا بالا است و اثر بلندمدت مثبت دارد.	تغییر شرایط و نگهداری تجهیزات ممکن است اثرگذاری را کاهش دهد.	تهویه مناسب موجب کاهش مستقیم غلظت آلاینده‌ها در محیط می‌شود.	اثر بلندمدت مثبت و پذیرش کارکنان خوب است.



نام گزینه	جنبه‌های ارزیابی یافته به‌دست آمده از مطالعات مرور نظام‌مند و یا سایر شواهد پژوهشی موجود	مزایا	معایب	هزینه‌ها و هزینه اثربخشی	در خصوص مزایا و معایب بالقوه (عدم اطمینان)	عناصر کلیدی گزینه (چرا و چگونه کار می‌کند)	دیدگاه تجارب و ذینفعان
محدود کردن دسترسی به مناطق پرخطر	کاهش مواجهه تصادفی	جلوگیری از مواجهه‌های ناخواسته	ممکن است جریان کار مختل شود.	هزینه کم و اثر پیشگیرانه فوری دارد و نیازمند نظارت مداوم است.	رعایت محدودیت‌ها و نظارت بر آن ضروری است.	جداسازی مناطق خطر با علائم هشداردهنده و محدود کردن دسترسی انجام می‌شود.	نیاز به نظارت دقیق مدیران برای حفظ ایمنی محیط
برنامه حمایت پزشکی و تغذیه‌ای	اختلالات هماتولوژیک اولیه شناسایی و اصلاح می‌شوند.	کاهش عوارض بلندمدت و ارتقای سلامت کارکنان	نیاز به منابع مالی و تیم پزشکی برای ارائه خدمات	هزینه متوسط شامل تیم پزشکی و مکمل‌های غذایی است و اثر بلندمدت نیازمند پیگیری است.	اثربخشی تحت تأثیر همکاری کارکنان و کیفیت خدمات است.	غربالگری پزشکی و ارائه مکمل‌های غذایی موجب اصلاح اختلالات اولیه می‌شود.	پذیرش کارکنان بالا و مدیران بودجه متوسط می‌باشد.
ثبت و پیگیری رخدادهای مواجهه	شناسایی الگوها و نقاط پرخطر	امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	نیاز به سیستم ثبت و تحلیل داده‌ها	هزینه کم ایجاد و نگهداری سیستم دارد و اثر مستمر نیازمند به‌روزرسانی است.	دقت و کامل بودن داده‌ها بر صحت تصمیم‌گیری اثر می‌گذارد.	ثبت مواجهه‌ها و هشداردهی خودکار موجب شناسایی نقاط پرخطر می‌شود.	مدیران امکان بهبود فرآیندها و سیاست‌گذاری بر اساس داده‌ها دارند.
تدوین پروتکل‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی	استانداردسازی فرآیندهای کاری موجب کاهش خطا و مواجهه می‌شود	ایجاد یکپارچگی، بهبود کارایی و تسهیل نظارت	نیازمند زمان، تخصص، و بازبینی دوره‌ای	هزینه تدوین و اجرای اولیه کم تا متوسط است و اثربخشی در بلندمدت افزایش می‌یابد	اثربخشی وابسته به پایبندی کارکنان به پروتکل‌هاست	تدوین قواعد روشن باعث کاهش رفتارهای پرخطر و تقویت اجرای ایمن می‌شود	کارکنان نیاز به آموزش دارند و مدیران پروتکل‌ها را ابزار مدیریت مؤثر می‌دانند



نتیجه‌گیری

کاهش مواجهه کارکنان از طریق ترکیبی از اقدامات مهندسی، مدیریتی و نظارتی، شامل بهبود تهویه، نصب سیستم‌های بازیابی بخارات، نظارت مستمر و ارزیابی ریسک سلامت، می‌تواند به طور مؤثری خطرات مرتبط با مواجهه با سوخت‌ها را کاهش دهد. همچنین، ارتقای آگاهی کارکنان و آموزش آن‌ها در خصوص استفاده صحیح از تجهیزات حفاظتی و رعایت نکات ایمنی نقش مهمی در پیشگیری از پیامدهای بلندمدت دارد.

مطالعه حاضر نشان داد که مواجهه شغلی مزمن با بخارات بنزین و ترکیبات نفتی با تغییرات قابل توجه در شاخص‌های خونی کارکنان جایگاه‌های سوخت همراه است و شدت این تغییرات با افزایش سال‌های مواجهه بیشتر می‌شود. این یافته‌ها می‌توانند به عنوان یک هشدار اولیه برای خطرات سلامت شغلی در این گروه مورد استفاده قرار گیرند و ضرورت اقدام‌های پیشگیرانه را برجسته کنند. بر اساس شواهد موجود،

References

1. Mohammadyan M, Moosazadeh M, Khanjani N, Rahimi Moghadam S. Quantitative and semi-quantitative risk assessment of occupational exposure to lead among electrical solderers in Neyshabur, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019;26(30):31207-14.
2. Moghadam SR, Khanjani N, Mohamadyan M, Emkani M, Yari S, Tizabi MNL, et al. Changes in spirometry indices and lung cancer mortality risk estimation in concrete workers exposed to crystalline silica. *Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP*. 2020;21(9):2811.
3. Al-Mahbashi H, Asfoura S, Obri S, Al-Maqtari T, Abudunia A. Level of lead in the blood among fuel station employees and its relationship to impaired liver and kidney functions in damascus; syria: occupational exposure to lead. *Universal Journal of Pharmaceutical Research*. 2020.
4. Kovarik W. Ethyl-leaded gasoline: how a classic occupational disease became an international public health disaster. *International journal of occupational and environmental health*. 2005;11(4):384-97.
5. Abou-ElWafa HS, Albadry AA, El-Gilany A-H, Bazeed FB. Some biochemical and hematological parameters among petrol station attendants: a comparative study. *BioMed research international*. 2015;2015(1):418724.
6. Muda I, Mohammadi MJ, Sepahvadi A, Farhadi A, Fadhel Obaid R, Taherian M, et al. Associated health risk assessment due to exposure to BTEX compounds in fuel station workers. *Reviews on Environmental Health*. 2024;39(3):435-46.
7. Rekhadevi PV, Rahman MF, Mahboob M, Grover P. Genotoxicity in filling station attendants exposed to petroleum hydrocarbons. *Annals of Occupational Hygiene*. 2010;54(8):944-54.
8. Kitwattanavong M, Prueksasit T, Morknoy D, Tunsaringkarn T, Siri Wong W. Health risk assessment of petrol station workers in the inner city of Bangkok, Thailand, to the exposure to BTEX and carbonyl compounds by inhalation. *Human and ecological risk assessment: An international journal*. 2013;19(6):1424-39.
9. Qafisheh N, Mohamed OH, Elhassan A, Ibrahim A, Hamdan M. Effects of the occupational exposure on health status among petroleum station workers, Khartoum State, Sudan. *Toxicology Reports*. 2021;8:171-6.



10. Gupta N, Vyas S, Sankhla M, Punjabi P. Biochemical assessment of the hepatic functions of the petrol pump workers of Jaipur city. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*. 2017;7(10):1099-.
11. Ward E, Hornung R, Morris J, Rinsky R, Wild D, Halperin W, et al. Risk of low red or white blood cell count related to estimated benzene exposure in a rubberworker cohort (1940–1975). *American journal of industrial medicine*. 1996;29(3):247-57.
12. Getu S, Shiferaw E, Melku M. Assessment of hematological parameters of petrol filling workers at petrol stations in Gondar town, Northwest Ethiopia: a comparative cross-sectional study. *Environmental health and preventive medicine*. 2020;25(1):44.
13. Coronado-Castellote L, Jiménez-Soriano Y. Clinical and microbiological diagnosis of oral candidiasis. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2013;5(5):e279.
14. Hasan M. Influence of Benzene Exposure on Hematological Variables in the Workers of the Fuel Filling Station. 1st International Multi-Disciplinary Conference Theme: Sustainable Development and Smart Planning, IMDC-SDSP 2020. 2020.
15. Obeagu EI, Owojori I, Hassan A. Evaluation of haematological parameters of petroleum attendants based on sex in Ondo. *J Clin Lab Res*. 2021;4:1-3.
16. Nwamba H, Achikanu C, Onyekwelu K. Effect of crude oil and its products on bilirubin of african catfish *Clarias gariepinus*. *Animal Research International*. 2006;3(3):531-3.
17. ALRUMAIDH SZ, ENAYAH SH. The correlation between trance elements and biochemical and blood parameters among petrol filed attendance in Basrah city, southern of Iraq. *Iranian Journal of Ichthyology*. 2021;8:233-41.
18. Teklu G, Negash M, Asefaw T, Tesfay F, Gebremariam G, Teklehaimanot G, et al. Effect of gasoline exposure on hematological parameters of gas station workers in Mekelle City, Tigray Region, Northern Ethiopia. *Journal of blood medicine*. 2021:839-47.
19. Neghab M, Hosseinzadeh K, Hassanzadeah J. Hematological study of petrol station workers exposed to unleaded petrol. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2014;96(6):951-61.
20. Sahb AA. Hematological assessment of gasoline exposure among petrol filling workers in Baghdad. *Journal of the Faculty of Medicine Baghdad*. 2011;53(4):396-400.
21. Rahimi Moghadam S, Afshari M, Moosazadeh M, Khanjani N, Ganjali A. The effect of occupational exposure to petrol on pulmonary function parameters: a review and meta-analysis. *Reviews on Environmental Health*. 2019;34(4):377-90.
22. Moneim A, Hady A. The Potential Biochemical and Clinical Hazards in some Petroleum Station Workers. *Zagazig Journal of Forensic Medicine and Toxicology*. 2023;21(1):92-109.
23. Ahmed AA, Alsalmi W, Elhadi AA, Almarabet MM. Adverse effects of benzene exposure on hematological and hepatic biochemical parameters of petrol filling workers in Wadi Al-Hayah, Libya. *European journal of pharmaceutical and medical research*. 2022;9:40-5.
24. Jwaad BU-d, ALSallami AS. Assessment of IL-8 and CBC in people working in LPG stations in Najaf Province. *International Journal of Health Sciences*. 2022(V):1628-38.
25. Alsas M, Alzeer S. RETRACTED: Evaluation of some biological parameters of gasoline station attendants in Damascus, Syria. *Heliyon*. 2021;7(5).



26. Hussain S, Mehmood R, Arshad F, Khan S, Khan A. Evaluation of Comparative Effects of The Exposure of Gasoline Fumes/Vapors on The Blood and Urine Picture of Gasoline Filling Workers of Multan City, A Populous City of Southern Punjab. Pakistan J Environ Anal Toxicol. 2019;9(606):2.
27. Al Jothery AHT, Al-hassnwi AT. Changes in the hematological profile among workers at patrol stations in Babil Province/Iraq. Mesopotemia Environ J. 2017;3(4):25-32.
28. Okoro A, Ani E, Ibu J, Akpogomeh B. Effect of petroleum products inhalation on some haematological indices of fuel attendants in Calabar metropolis, Nigeria. Nigerian Journal of Physiological Sciences. 2006;21(1-2).
29. Parsarad M, Ehtiati S, Olazadeh K, Dehghan SF, Ghorbani M, Azimian A, et al. Hematological biochemical and liver function changes associated with BTEX exposure in a six year retrospective cohort study. Scientific Reports. 2025;15(1):5134.
30. Snyder R. Leukemia and benzene. International journal of environmental research and public health. 2012;9(8):2875-93.
31. Tsai SP, Fox EE, Ransdell JD, Wendt JK, Waddell LC, Donnelly RP. A hematology surveillance study of petrochemical workers exposed to benzene. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2004;40(1):67-73.
32. Zamanian Z, Sedaghat Z, Mehrifar Y. Harmful outcome of occupational exposure to petrol: Assessment of liver function and blood parameters among gas station workers in Kermanshah city, Iran. International journal of preventive medicine. 2018;9(1):100.
33. M A. Occupational Medicine and Disease. Tehran: Arjmand Publication; 2014.
34. ¹Faisal Hadi Ghani Qawaizi A-A, Abdulhay S, Mohsen M. Measurement the concentration of lead in gasoline stations and battery factories and its effect on cytogenetic and hematological parameter in workers.
35. Moro AM, Brucker N, Charão MF, Sauer E, Freitas F, Durgante J, et al. Early hematological and immunological alterations in gasoline station attendants exposed to benzene. Environmental research. 2015;137:349-56.
36. Sahar S, Rashid A, Hua R, Naseem F, Batool A. Chemical exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and hematological evaluation among petrol pump workers in Islamabad, Pakistan. Polycyclic Aromatic Compounds. 2022;42(9):6173-84.



Occupational Exposure to Gasoline and Diesel Vapors and Its Effects on Blood Biochemical and Hematological Indices of Fuel Station Workers: A Policy Brief

Somayeh Rahimimoghadam ^{*1}, Fatemeh Mehrafshan¹

1. Workplace Health Research Center, Neyshabur University of Medical Sciences, Neyshabur, Iran

Type of Article: policy brief

Received:

Accepted:

***Corresponding Author:**

Somayeh

RahimiMoghadam,

Assistant Professor

Neyshabur University of

Medical Sciences,

Occupational

Health Research

Center, Neyshabur

University of Medical

Sciences, Neyshabur, Iran

TEL: 09154198910

Email:

(rahimis1@nums.ac.ir)

ABSTRACT

Introduction: In this policy brief, the health implications of occupational exposure among fuel station attendants to gasoline and diesel vapors containing volatile organic compounds are examined. The expansion of fossil fuel consumption and continuous worker contact with these pollutants, in the absence of clear policy frameworks, may increase the risk of hematological disorders. To provide robust scientific evidence, 36 studies involving 2,244 exposed workers and 2,106 non-exposed individuals were analyzed. Findings indicate that long-term exposure to fuel vapors leads to reduced red blood cell indices and hemoglobin levels, along with increased white blood cell counts, platelet levels, and several hematological parameters; effects that intensify with longer exposure duration.

Based on these results, a set of policy options is recommended, including periodic monitoring of hematological indices for early detection of alterations, implementation of engineering controls to minimize occupational exposure, worker training and safety culture enhancement, use of personal protective equipment, shift optimization and reduction of exposure hours, improvement of workplace ventilation and filtration, restricted access to high-risk areas, provision of medical and nutritional support programs, documentation and follow-up of exposure incidents, and development of operational protocols for safe management of fuel vapor exposure. These strategies can enhance worker health protection and reduce occupational risks.

Keywords: occupational exposure, blood indices, gasoline, diesel, fuel stations

► Please cite this article as: Rahimimoghadam S, Mehrafshan F. Occupational Exposure to Gasoline and Diesel Vapors and Its Effects on Blood Biochemical and Hematological Indices of Fuel Station Workers: Policy Brief. J Neyshabur Univ Med Sci 2024;12(3): 16-30.