فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ششم/ شماره سوم/ پاییز ۹۳/ صفحات ۹۰-۷۸

روش‌های ارزیابی مواجهه پوستی با هیدروکربن‌های حلقوی

حمید دهقان طزرجانی[۱]، محمدجواد زارع سخویدی[۱*]، زیبا لوک زاده[۲]، نعیمه کیقبادی[۳]، مهدی زارع[٤]، رضا دربیدی[٥]

۱. گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
۲. عضو هیأت علمی گروه طب کار و مرکز تحقیقات بیماری‌های ناشی از صنعت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
۳. گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
٤. گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان
۵. گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱٤ تاریخ پذیرش:.۹۲/۱۰/۱٦

چکیده

مقدمه: مطالعات نشان داده است که مواجهه پوستی با ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای می‌تواند منجر به جذب پوستی و در نهایت جذب سیستمیک این مواد گردد. گزارشات اپیدمیولوژیک موارد متعددی از ابتلا به سرطان در افرادی که به طور شغلی با این مواد در تماس بوده‌اند را نشان داده است. با توجه به فشار بخار پایین این مواد، عمده راه مواجهه شغلی در برخی مشاغل از راه تماس پوستی می‌باشد. در ادامه روش‌های معمول در ارزیابی مواجهه پوستی با این ترکیبات مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: این مقاله در قالب بررسی مروری و با بررسی منابع کتابخانه ای و پایگاه های اطلاعاتی Google scholar ،Elsevier و در سال ۱۳۹۲ به انجام رسیده است.

یافته‌ها: نتایج یکسانی در مورد کارایی روش‌های مختلف ارزیابی مواجهه پوستی با این دسته از ترکیبات وجود ندارد، هر چند تمایل به استفاده از روش‌های کمی و نیمه کمی در این زمینه رو به افزایش می‌باشد.

نتیجه‌گیری: هر کدام از روش‌های ارزیابی دارای مزایا و معایبی است که محقق می‌تواند با توجه به ابزارهای در دسترس خود یک یا چند مورد از روش‌ها را به کار گیرد، البته هنوز نیاز به تحقیق بیشتر در این مورد وجود دارد.

کلید واژه‌ها: مواجهه پوستی، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، مواجهه شغلی، بهداشت حرفه‌ای

* نویسنده مسئول: آدرس پستی: گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، تلفن: ۰۳۵-۳٦۲٤۰٦۹۱
پست الکترونیکی: mjzs63@gmail.com

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

مقدمه

پوست بزرگ‌ترین عضو بدن است که در بزرگسالان وزن آن به طور متوسط ٤ کیلوگرم (۱۰٪ وزن بدن) و سطحی معادل ۲ متر مربع را می‌پوشاند(۱). بافت‌های پوست به طور مداوم رشد می‌کنند، تمایز می‌یابند و خود را بازسازی می‌کنند. پوست سدی بین اعضای داخلی و محیط خارجی محسوب می‌شود(۲).

مواجهه با مواد شیمیایی در محیط کار یکی از عمده‌ترین موارد تماس با عوامل زیان‌آور شغلی می‌باشد این مواد عمدتاً از راه تنفسی و پوستی وارد بدن شده و تاثیرات ناخواسته‌ای از خود بر جا می‌گذارند(۳). امروزه مواجهه پوستی شغلی با مواد شیمیایی به عنوان عامل بیماری‌های مختلفی از قبیل سرطان پوست و درماتیت‌ها شناخته شده است(٤).

اهمیت تماس پوستی در سال‌های اخیر با افزایش آگاهی در مورد تاثیرات مخرب اینگونه مواجهات افزایش پیدا کرده است(۵). حشره‌کش‌ها، آمین‌های حلقوی و هیدروکربن‌های حلقوی معطر جزء موادی هستند که دارای ریسک زیاد تماس پوستی می‌باشند(٦).

هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) PAHs شامل یک خانواده بزرگ از ترکیبات آلی هستند که شامل دو یا چندین حلقه بنزنی می‌باشند که یک جفت اتم کربن را با هم به اشتراک می‌گذارند. این مواد در نتیجه سوختن ناقص یا فرآیندهای فشارهای بالا تولید می‌شود. هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک ۳ یا ٤ حلقه‌ای نسبت به ۵ تا ۷ حلقه‌ای فرارتر بوده و به طور معمول در هوا با غلظت بالاتری مشاهده می‌شوند. هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک کوچک‌تر در فاز بخار قرار دارند در حالی که ۵ تا ۷ حلقه‌ای‌ها بیشتر در فاز ذره قرار دارند. از جمله این مواد می‌توان به بنزو آ آنتراسن، بنزوآ پایرن و پایرن اشاره نمود(۵,۷).

آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) ترکیبات PAHs را که دارای خاصیت سرطان‌زایی و جهش‌زایی در حیوانات و انسان هستند، به عنوان آلاینده‌های پیشگام معرفی کرده است(۸). مطالعات آزمایشگاهی اثرات سرطان‌زایی هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک که دارای ٤ تا ۷ حلقه آروماتیک هستند را نشان می‌دهد(۹). در افرادی که در شغل خود با این مواد مواجهه دارند افزایش شیوع سرطان ریه، پوست و مثانه مشاهده شده است(۱۰).

مطالعات مختلفی اثرات سرطان‌زایی این ترکیبات را در انسان‌ها و حیوانات مورد بررسی قرار داده‌اند(۵,۹,۱۱). تماس پوستی با این ترکیبات می‌تواند منجر به جذب پوستی و در نهایت جذب سیستمیک این مواد گردد(۵). روش‌های کنونی اندازه‌گیری مواجهه پوستی در منابع به ۳ و ۵ دسته اصلی تقسیم شده است(۳).

تکنیک جایگزینی پوست (Surrogate skin) و تکنیک پچ (Patch) جهت اندازه‌گیری مواجهه بالقوه برای کل یا قسمتی از بدن انسان به کار می‌رود(۱۲,۱۳). تکنیک‌های حذف (Removal) مانند شستشو و روش وایپ (Skin wiping) نیز برای اندازه‌گیری مقدار ماده روی پوست در مدت زمان مختلف می‌باشد(١٤). از روش آشکارسازی فلورسانس (Fluorescent tracers) نیز برای ارزیابی محلی که با ماده مواجهه پیدا کرده استفاده می‌شود(۱۵). موارد متعددی از کاربرد پایش‌های زیستی (Biological monitoring) نیز جهت ارزیابی غیرمستقیم جذب پوستی نیز گزارش گردیده است. روش مدل‌سازی مواجهه پوستی نیز در تخمین مقادیر مواد شیمیایی که با پوست در تماس هستند کمک زیادی کرده است(۳).

آشنایی با انواع تکنیک‌های نمونه‌برداری:

۱- تکنیک‌های حذف:

این تکنیک‌ها به طور کلی شامل حذف یک ماده شیمیایی که روی پوست جایگزین شده، به وسیله مالش، پاک کردن، شستشو یا تراشیدن و متعاقب آن آنالیز مقدار ماده شیمیایی موجود در حلال یا وایپ یا نوار واسطه

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

است. چند دهه است که برای ارزیابی مواجهه پوستی از این تکنیک‌ها استفاده می‌شود(۱۶).

هزینه اولیه کم و سهولت استفاده باعث استفاده گسترده از آن شده است(۱۷). تکنیک‌های حذف بیشتر در ارزیابی تماس پوستی با حشره‌کش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است(۲,۱۳,۱۸,۱۹). این تکنیک‌ها در ارزیابی تماس با ترکیبات فلزی، PAHs و PCBs نیز به کار رفته است(۲۲-۲۰، ۱۴،۱۱).

الف) تکنیک شستن دست:

حذف آلاینده‌ها از سطح پوست با فراهم نمودن یک نیروی خارجی که برابر یا بیشتر از نیروی چسبندگی آلاینده می‌باشد صورت می‌پذیرد. برای تکنیک شستن دست سه گروه از نیروهای خارجی (نیروی درگ هیدرودینامیک، واکنش مکانیکی و واکنش مرطوب شیمیایی) دارای اهمیت برجسته‌ای هستند. این تکنیک به طور معمول شامل دو روش می‌باشد: اول شستشویی که با سائیدن پوست از طریق نیروی مکانیکی ناشی از حرکات و فشار دو دست ایجاد می‌شود که این شستشو در یک مایع صورت می‌پذیرد، آلاینده از روی پوست به دلیل ترکیب نیروی مکانیکی و واکنش مرطوب شیمیایی جدا می‌شود و دوم شستشویی که با پاشیدن مایع صورت می‌پذیرد در این شستشو آلاینده از طریق ترکیب نیروی درگ هیدرودینامیک و واکنش مرطوب شیمیایی از سطح پوست جدا می‌شود این روش نیز یکی از رایج‌ترین روش‌های ارزیابی مواجهه پوستی با هیدروکربن‌های حلقوی می‌باشد.

چندین مطالعه از این روش برای ارزیابی مواجهه پوستی با PAHs در آسفالت‌کاران استفاده نمودند استفاده از این متد همانند پد جایگزین، همبستگی بسیار خوبی با میزان مواجهه پوستی دارد(۲۵-۲۳).

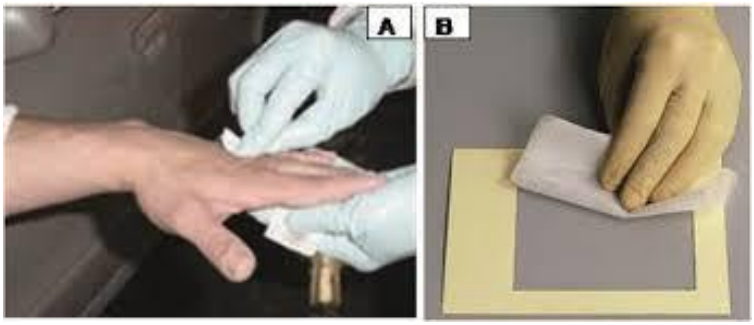
در مطالعه‌ای Brouwer و همکاران کارایی نمونه‌برداری این روش بین ۲۳ تا ۹۶٪ (میانگین ۷۳٪) گزارش شد. زمان نقش بسیار مهمی در افزایش کارایی این روش دارد(۱۴).

ب) روش وایپ:

حذف آلاینده از پوست از طریق فراهم نمودن نیروی خارجی به یک واسطه که برابر یا بیش از نیروی چسبندگی سطح مورد نظر باشد را روش وایپ گویند جداسازی آلاینده در این روش همانند روش شستشوی دست به واسطه ترکیبی از نیروی مکانیکی و واکنش مرطوب شیمیایی صورت می‌پذیرد. انواع نمونه‌بردار وایپ در شکل ۱ آمده است. این روش از مواد و اندازه‌های مختلفی استفاده می‌کند به عنوان مثال فوگ و همکاران از دو روش مختلف برای پاک کردن ذرات از روی ساعد استفاده کردند(۲۶) در روش اول از پارچه پنبه‌ای با مساحت سطح تقریباً ۱۰ سانتیمتر مربع استفاده شد، پاک‌کننده‌ها در آب مقطر به طور کامل خیس شده بودند بعد از مواجهه یک قالب استیل که روی آن سوراخی دایره‌ای به قطر ٤ سانتی‌متر وجود دارد روی ساعد قرار می‌گیرد. در روش دوم از فیلتر واتمن ٥٤٢ که در اتانول غوطه‌ور شده استفاده شد مساحت سطح این فیلتر ۸ سانتی‌متر مربع می‌باشد. بعد از مواجهه قالب روی ساعد قرار می‌گیرد این قالب از آلومینیوم انعطاف‌پذیر ساخته شده است که روی آن یک حفره مستطیلی شکل به مساحت ۸ سانتی‌مترمربع قرار دارد. مولینگ و همکاران(۲۷) از یک توپ نخی به عنوان مدیا با سطح مقطع تقریبی ٤/۸ سانتیمترمربع استفاده کردند پیش از مواجهه یک قالب انعطاف‌پذیر به اندازه ۲۰×۵ سانتیمتر روی سطح پوست قرار می‌گیرد توپ نخی در اتانول غوطه‌ور شده و توسط اپراتوری که دستکش وینیلی پوشیده روی سطح پوست کشیده می‌شود بعد از آن به آزمایشگاه منتقل می‌گردد. در مطالعه Brouwer و همکاران کارایی روش پاک کردن برای چندین ترکیب مورد بررسی قرار گرفت که بین ۳٦ تا ۱۰٤٪ گزارش گردید (میانگین ۵۱٪)(۱٤). در مطالعات بسیاری از روش وایپ برای ارزیابی مواجهه با PAHs استفاده شده است(۲۸-۳۰). در مطالعه Wolff و همکاران مقادیر PAHs موجود روی پوست کارگران تعمیرکار پشت بام،

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

از طریق روش وایپ با مقادیر آن در هوای محیط مورد بررسی قرار گرفت این مطالعه به وجود آنتراسن در هوا اشاره کرده است که در نمونه‌گیری پوستی به عمل آمده توسط روش وایپ مشاهده نشده است این مورد می‌تواند به ماهیت ۳ حلقه‌ای آنتراسن برگردد که به علت فشار بخار این ماده در هوا موجود بوده و روی پوست جایگزین نشده است. همچنین ارتباط معنی‌داری بین مقادیر مواجهه پوستی بعد از پایان شیفت کاری و نمونه‌برداری هوای محیط کار وجود داشت. این مطالعه به این نکته اشاره می‌کند که روش وایپ می‌تواند ارزیابی خوبی از مواجهه با PAH در اختیار ما قرار دهد(۲۸).



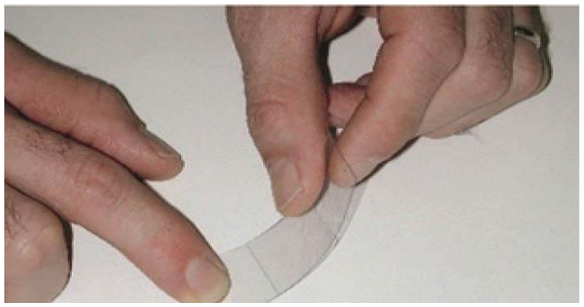
شکل ۱- A) وایپ پوست، B) قالب با سایز مشخص برای نمونه برداری وایپ(۳۱)

ج) نوارچسب حذف (Tape stripping):

این روش برای ترکیباتی که مدت زمان طولانی روی پوست باقی می‌مانند و دارای فراریت کم هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد(شکل۲). این روش تنها برای ارزیابی مواجهه در نواحی دست و ساعد استفاده شده است. البته تکنیک‌های نوارچسب حذف و وایپ ممکن است به علت نحوه انجام توسط اپراتور نسبت به روش شستشو از دقت پایین‌تری برخوردار باشند(۱۶).

Kammer و همکاران تکنیک نوار چسب حذف را برای اندازه‌گیری مواجهه پوستی با پایرن و بنزو آ پایرن مورد استفاده قرار دادند. آنها غلظت‌های معینی از بنزو آ پایرن را روی سه ناحیه نوارچسب حذف، صفحه شیشه‌ای و روی پوست ۵ داوطلب قرار دادند، این مطالعه نشان داد که می‌توان از این تکنیک برای اندازه‌گیری مواجهه پوستی با PAHs استفاده نمود بازیابی مواد از روی نوار نزدیک به ۱۰۰٪ بود و همچنین بازیابی از صفحه شیشه‌ای و پوست انسان نیز رضایت بخش بود(۳۲).

Chuan و همکاران برای این که نشان بدهند مواجهه با نفتالین در پوست ایجاد نفتیل- کراتین اداکت می‌نماید از روش نوار حذف استفاده نمودند(۳۳).



شکل ۲- نوارچسب حذف(۳۱)

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

۲- روش ردیابی فلورسانس:

مواد خطرناک بسیاری هنگامی که پرتو فرابنفش به آنها تابیده می‌شود از خود نور مرئی ساطع می‌کنند(شکل ۳)، از این پدیده سال‌ها برای ارزیابی کمی فلورسانس طبیعی ترکیباتی مانند هیدروکربن‌های حلقوی معطر استفاده می‌شود(۲۱). اولین روش کمی فلورسانس اوایل سال ۱۹۸۰ توسط Schuresko مورد استفاده گرفت Schuresko برای شناسایی آلودگی سطوح با PAH از یک لامپ کوچک ماوراء بنفش و یک شناساگر روشنایی استفاده کرد(۳٤).

Vo-Dinh و همکاران برای مشاهده آلودگی قطران ذغال و ترکیبات فلورسانس طبیعی که روی پوست و سایر سطوح قرار دارند موفق به اختراع یک لومینوسکوپ شدند(۳۵). پس از این پیشرفت توجه محققین به مانیتورینگ سطوح بزرگ‌تر جلب شد این کار با استفاده ترکیبی از دوربین‌های ویدئویی حساس و نرم‌افزارهای کامپیوتری تجزیه و تحلیل عکس صورت گرفت(۳٦). روش‌های ردیابی فلورسانس به دو دسته کیفی و کمی تقسیم می‌شود البته تمامی این روش‌ها مربوط به PAHs نمی‌باشد(۳۷).

الف) روش کیفی

اولین اقدام برای استفاده از روش کیفی مشخص نمودن منبع اصلی آلودگی می‌باشد اگر منبع خاصیت فلورسانس ندارد باید یک ماده مناسب ردیاب به منبع اضافه شود و این ردیاب‌ها تا ۰/۰۰۱٪ رقیق شوند. زمان اندازه‌گیری بستگی به نوع انتشار آلاینده از منبع و محدودیت شناساگر دارد. برای تشخیص اندازه آلاینده روی سطوح، لباس و پوست کارگران معمولاً از طول موج ماوراءبنفش (٤۰۰-۳۲۰ نانومتر) استفاده می‌شود(٤۰-۳۸).

ب) روش کمی

تکنیک تصاویر ویدئویی برای ارزیابی مواجهه پوستی (VITAE) اولین تکنیک کمی ردیابی فلورسانس بود که بعد از سال ۱۹۸۰ مرسوم شد(۳٦) و بعد از آن توسط لابراتوارهای مختلفی توسعه داده شد(٤۳-٤۱). Roff و همکاران موفق به ابداع یک دستگاه با جزئیات بهتر شدند که بخشی از سیستم مواجهه ویدئویی فلورسانس فعل و انفعالی (FIVES) است و هدف آن بهبود صحت و دقت مواجهه همه بدن است(٤٤). این تکنیک کمی نیز با استفاده از ترکیبات ردیاب فلورسانس محل جایگزینی مواد خطرناک را روی پوست مشخص می‌نماید. بعد از اینکه پوست با امواج ماوراءبنفش مواجهه پیدا کرد از یک دوربین ویدئویی برای ثبت تصاویر قسمت‌های مواجهه یافته استفاده می‌شود(۱۵). روش‌های نمونه‌برداری وایپ و پچ می‌توانند مکمل ردیاب فلورسانس باشند ابتدا از روش کیفی ردیابی فلورسانس نواحی آلوده به مواد خطرناک شناسایی شده سپس حجم آلاینده را توسط روش‌های پچ یا وایپ روی سطوح پوست اندازه‌گیری می‌کنند(٤۵).



شکل ۳- آلاینده‌های شیمیایی روی دست زیر نور ماوراء بنفش

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

۳-تکنیک جایگزینی پوست:

در تکنیک‌های جایگزینی پوست، وسیله جمع‌آوری روی پوست یا لباس قرار گرفته و آنالیز محتوای شیمیایی صورت می‌گیرد. این روش‌ها شامل نمونه‌برداری پچ (نواحی کوچک را می‌پوشاند) و نمونه‌برداری گرامنت (که تمامی نواحی بدن و حتی کل بدن را می‌پوشاند) می‌باشد(۱۶). فرض تمام تکنیک‌های جایگزینی این است که ماتریس جمع‌آوری‌کننده، مواد شیمیایی را همانند پوست به دام می‌اندازد و در خود نگه می‌دارد. راندمان آزمایشگاه، قابلیت بازیافت ماده و ثبات ماده باید در تمام مراحل انجام کار مورد آزمایش قرار گیرد(۱۶).

الف) نمونه‌برداری پچ:

هدف نمونه‌برداری پچ تخمین مقدار موادی است که روی لباس، پوست و لایه‌های خارجی لباس جایگزین شده‌اند. نمونه‌برداری پچ یک روش غیرفعال به حساب می‌آید قصد آن جمع‌آوری تمام مواد مورد نظر در طور دوره مواجهه است(شکل ٤). در پایان دوره نمونه‌برداری، وصله‌ها از روی لباس برداشته و در یک کیسه پلاستیکی یا شیشه‌ای بسته شده قرار می‌گیرد. نمونه می‌بایست تا انتقال به آزمایشگاه روی یخ نگهداری گردد(٤٦).

نمونه‌برداری پچ برای تخمین محدوده وسیعی از مواد از قبیل حشره‌کش‌ها، اکسید مس، هیدروکربن‌های حلقوی معطر و غبارات به کار می‌رود(٤٧). بزرگترین عیب نمونه‌برداری پچ این است تنها می‌تواند مقدار ماده را در ناحیه خاصی تخمین بزند و فرض آن این است که آلاینده به طور یکنواخت در ناحیه‌ای که وصله قرار دارد توزیع شود. به هر صورت پچ نماینده قسمت نسبتاً کوچکی از یک ناحیه می‌باشد. همچنین جهت استفاده از نمونه‌برداری پچ نیاز به تمهیدات ابتدایی قابل توجهی است اگرچه دارای مزایایی از قبیل استفاده راحت و هزینه نسبتاً کم است.

Jongeneelen و همکاران از این روش برای ارزیابی مواجهه پوستی با PAHs در آسفالت‌کاران استفاده نمودند(٢٤). VanRooij و همکاران از این روش برای ارزیابی مواجهه با PAHs در کارگران کارخانه آلومینیوم و کارگران آسفالت‌کار استفاده نمودند(٤٨,٤٩). Vaananen و همکاران از این روش مواجهه پوستی با PAHs در آسفالت‌کاران را ارزیابی کردند(٢٥).



شکل ٤- نمونه‌بردار پچ

ب) نمونه برداری کل بدن (Whole body suit sampling):

اندازه‌گیری مقدار ذراتی که روی لباس یا پوست و یا داخل لایه‌های لباس نفوذ می‌کند هدف نمونه‌برداری کل بدن می‌باشد. برای پوشش نواحی که قرار است مواجهه آن اندازه‌گیری شود از لباس‌های سبک یا مشابه آن استفاده می‌شود. مواجهه ناحیه سر با استفاده از یک کلاه که به لباس متصل است یا با یک کلاه مجزا اندازه‌گیری می‌شود.

مواجهه دست و پا با استفاده از یک دستکش یا جوراب اندازه‌گیری و مواجهه سایر قسمت‌های بدن با استفاده از بخشی از کت و شلوار اندازه‌گیری می‌شود.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

Chester و همکاران در سال ۱۹۹۵ در یک روش متفاوت از لباس معمولی برای اندازه‌گیری مواجهه استفاده کردند(۵۰). استفاده ترکیبی این روش با مانیتورینگ بیولوژیکی از مزایای این روش است. برخلاف روش استاندارد کت و شلوار همه بدن، که یک لایه بین آلاینده و پوست اضافه می‌کند و در فرایند طبیعی جذب تداخل ایجاد می‌کند. De Vreede و همکاران از لباس نخی برای اندازه‌گیری مواجهه بالقوه استفاده کردند و از یک تی‌شرت به همراه آستین‌های بلند و شلوار بلند به همراه جوراب برای اندازه‌گیری مواجهه حقیقی استفاده کردند(۵۱).

برخلاف نمونه‌برداری پچ، استفاده از روش نمونه‌برداری تمام بدن محدود به اندازه‌گیری حشره‌کش‌ها شده است. در مطالعه VanRooij و همکاران از نمونه‌برداری تمام بدن برای تخمین مقدار مواجهه با هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک در کارگران کارخانه آلومینیوم و چوب استفاده شده است(٤۹). در این روش همانند روش پچ می‌بایست نرخ بازیافت و پایداری مواد قبل از کار مشخص شود. از آنجایی که نمونه کل بدن را شامل می‌شود نیاز به انتخاب ناحیه خاصی نمی‌باشد همچنین نیاز به حلال بسیار زیاد است و احتمال دارد غلظت آلاینده خیلی کم باشد که شاید روش را تبدیل به یک روش وقت‌گیر و گران کند. استفاده از یک لایه اضافه لباس برای اندازه‌گیری مواجهه می‌تواند موجب بروز برخی مشکلات در حرکات افراد شود همچنین لباس برای فرد به خصوص از جنبه دمایی خیلی راحت نیست(١٦).

ج) روش نمونه‌بردار دستکش (Glove Method)

این روش نیز یکی از مهم‌ترین روش‌های نمونه‌برداری از لباس افراد است. معمولاً از آستر پنبه برای اندازه‌گیری مواجهه دست استفاده می‌شود، از آنها می‌توان زیر یا روی دستکش حفاظتی استفاده نمود. کار کردن با دستکش‌ها در محل کار راحت می‌باشد همچنین بازده جمع‌آوری دستکش‌ها خوب است. در برخی مشاغل این امکان وجود دارد که خاصیت جذب دستکش‌ها با پوست متفاوت باشد. دستکش‌ها نباید به هیچ عنوان اشباع شوند و قبل از اشباع شدن می‌بایست تعویض شوند(۱۹).

٤- استراتژی‌ها و مدل‌ها

در سال‌های اخیر برای ارزیابی تماس پوستی با مواد تلاش‌های فراوانی صورت گرفته است. مدل مفهومی یکی از نتایج این تلاش‌ها می‌باشد در این مدل تماس آلاینده با پوست از سه راه عمده انتشار، جایگزینی و انتقال مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مدل انتشار شامل تماس مستقیم آلاینده با پوست یا لباس فرد می‌باشد جایگزینی روی پوست یا لباس شامل تماس با ماده از طریق هوا می‌باشد و انتقال شامل تماس آلاینده با پوست یا لباس از طریق سطوح و ابزار می‌باشد.

DREAM

روش DREAM یک روش نیمه کمی برای ارزیابی مواجهات پوستی با عوامل بیولوژیکی و شیمیایی است. این روش، به طور سیستماتیک انتقال آلاینده را از مسیر مواجهه به سطح پوست از طریق ۳ روش انتشار (Emission)، جایگزینی (Deposition) و انتقال (Transfer) توصیف می‌کند. انتشار ذاتی در این مدل فاکتور مهمی است که بر حسب حالت ماده آلاینده، غلظت، ویسکوزیته و .. تعیین می‌گردد. در این مدل بر حسب شدت و احتمال، انواع مواجهه تعیین می‌گردد و مجموع مواجهات، مواجهه احتمالی را تشکیل می‌دهد که با ضرب فاکتور حفاظتی لباس در مواجهه احتمالی مواجهه حقیقی به دست می‌آید(۵۲).

مدل DREAM بر اساس یک مدل تئوریک برای ارزیابی مواجهه پوستی(۵۳) و یک روش ساختاری ذهنی برای ارزیابی غلظت ذرات هوابرد تشکیل شده است(٥٤). صحت روش نیمه کمی DREAM به عنوان یک شیوه نیمه کمی جهت ارزیابی مواجهه پوستی، ارزیابی و تایید شده است و روش کاربردی در ارزیابی گروه‌هایی است که دارای سطوح تماس قابل توجهی می‌باشند. جهت ارزیابی گروه‌های شغلی که دارای مواجهات کمتری

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

هستند شیوه‌های ارزیابی کمی دارای ارجحیت می‌باشند(۵۵).

داده‌های مدل DREAM به خاطر سهولت دستیابی، در حوزه ارزیابی ریسک قانونی مناسب تشخیص داده‌اند(٥٦). مطالعه‌ای بر روی ۱۹ صنعت نشان داد که DREAM ابزار مناسبی جهت اولویت‌بندی برای انجام ارزیابی بوده است(۵۷).

۵- روش‌های اندازه‌گیری غیر مستقیم

این روش‌ها اشاره به اندازه‌گیری پاسخ بیولوژیکی در خون یا ادرار دارد. اندازه‌گیری آلاینده روی سطوح و مدل‌های مواجهه پوستی نیز در این گروه قرار می‌گیرند. موضوع اصلی در روش‌های غیر مستقیم تعریف ارتباط بین شاخص بیولوژیک یا آلودگی سطوح با سطوح مواجهه پوستی است که در این بین قابلیت جذب پوستی نقش بسیار مهمی در این ارتباط ایفا می‌کند.

الف) تکنیک‌های نمونه‌گیری سطحی (Surface Sampling Techniques)

تکنیک‌های نمونه‌گیری سطحی، مانند وایپ یا وکیوم بیشتر جهت پیش‌بینی احتمال مواجهه پوستی با یک ماده مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین می‌توان گفت رایج‌ترین روش جهت ارزیابی مواجهه احتمالی با سطوح آلاینده استفاده از تکنیک‌های نمونه‌گیری سطحی است در گذشته جهت نمونه‌برداری از مواد رادیواکتیو از نمونه‌گیری سطحی استفاده می‌شد(۱۳). نمونه‌بردار وایپ اطلاعاتی در خصوص جرم آلاینده به ما می‌دهد نبود نسبت صحیح از آلاینده‌ای که روی سطوح قرار دارد و آلاینده‌ای که به پوست منتقل می‌شود و نبود پروتکل استاندارد از معایب این روش است. صحت و دقت نمونه‌برداری وایپ به خاصیت سطوح، نوع مواد و روش نمونه‌برداری بستگی دارد(۱۳). در روش ساکشن جمع‌آوری آلاینده‌ها از روی سطوح توسط یک پمپ وکیوم انجام می‌پذیرد. این روش در قیاس با سایر تکنیک‌های حذف گران‌تر، پیچیده‌تر و امکان خطای آن نیز بیشتر است(۳۱).

ب) مانیتورینگ بیولوژیکی

ارزیابی مواجهه از طریق اندازه‌گیری مواد شیمیایی که بعد از مواجهه با برخی مواد در داخل بدن ایجاد می‌شود مانیتورینگ بیولوژیکی گویند، این روش جهت بررسی جذب پوستی خصوصاً زمانی که همکاری آشکاری با مواجهه پوستی دارد مفید است(١٦). جهت ارزیابی حقیقی مواجهه، مانیتورینگ بیولوژیکی باید انتخاب گردد(٦٠-٥٨). جذب سریع پوستی و تبخیر مواد می‌تواند باعث اشکال در تفسیر نتایج اندازه‌گیری مواجهه پوستی شود(٦١,٦٢) این روش اطلاعات مواجهه پوستی در مورد یک کارگر خاص در اختیار ما قرار می‌دهد(١٦). بیومارکرهای مواجهه عموماً به صورت ترکیب اصلی یا محصولات متابولیکی آن ماده در بازدم و مایعات بدن مشاهده می‌شود(٦٣). بیومارکرهای ناشی از اثرات ماده صدمات بافت و DNA (DNA adducts، جهش‌زایی (mutagenicity) و آسیب کروموزوم (chromosome damage) و ...) را بررسی و اندازه‌گیری می‌کند.

اولین بیومارکری که برای مواجهه با هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک به کار برده شد بر پایه فعالیت‌های موتاژنیک در ادرار بود(٦٤,٦٥). بهترین بیومارکر برای مواجهه با هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک اندازه‌گیری ۱- هیدروکسی پایرن در ادرار می‌باشد(۷۰-٦٦). مطالعات زیادی سطوح مختلف ۱- هیدروکسی پایرن را در مواجهه شغلی با PAHs را نشان می‌دهد(۷۲،۷۳). دقیق‌ترین راه ارزیابی سرطان‌زایی و متابولیسم‌هایی که دیرتر رخ می‌دهند متابولیسم BaP می‌باشد(۷۱). چندین PAHs کوچک به عنوان بیومارکر مواجهه در نظر گرفته شده‌اند(۷۲,۷۳).

بحث

از روش شستشو بیشتر برای اندازه‌گیری مواجهه دست استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری سطوح بزرگ‌تر می‌بایست از روش وایپ استفاده کرد. روش شستشوی دست در قیاس با روش وایپ وابستگی بیشتری به اپراتور

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

دارد. استفاده از نوار چسب نیز معایبی از قبیل وابسته بودن به اپراتور، نیاز به حلال و دستگاه‌ها دارد همچنین از این روش بیشتر برای ارزیابی دست و ساعد استفاده شده است. همچنین تماس با یک ماده را نمی‌توان به منزله ورود آن ماده به بدن انسان در نظر گرفت. ردیابی کیفی در زمینه الگوهای انتشار آلاینده از منابع، اطلاعات مناسبی در اختیار ما قرار می‌دهد این روش همچنین شاید تنها راه قابل اعتماد تشخیص و کمی‌سازی منابع ثانویه آلاینده در محیط کار باشد. به هر صورت این رویکرد به قابلیت اعتماد قضاوت محقق وابستگی شدیدی دارند. روش ردیابی تنها روشی کمی است که می‌تواند سطوح مواجهه یافته پوست را اندازه‌گیری کند(۴۰-۳۸).

نمونه‌بردار پچ مقدار ماده را در ناحیه خاصی تخمین می‌زند فرض پخش یکنواخت مواد روی پوست و همچنین فرض همانندی ماتریس جمع‌آوری‌کننده با پوست در به دام‌اندازی و نگهداری مواد از معایب بزرگ این تکنیک می‌باشد. علی‌رغم محدودیت‌ها این روش مقرون به صرفه می‌باشد. تکنیک تمام بدن کمتر در اندازه‌گیری هیدروکربن‌ها به کار رفته و به انتخاب ناحیه خاصی نیاز ندارد. نیاز به حلال زیاد، غلظت پایین آلاینده این روش را تبدیل به روشی وقت‌گیر و گران می‌کند. دو روش پچ و تمام بدن نیازمند بررسی نرخ بازیافت و پایداری مواد است.

ارزیابی مواجهه با نمونه‌بردار زیر دستکش کمتر صورت پذیرفته و نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌باشد. هزینه روش غیرمستقیم نسبت به روش مستقیم کمتر است و نمی‌تواند غلظت ورودی آلاینده به بدن را همانند مانیتورینگ فردی و محیطی نشان دهد. روش DREAM تا حدودی وقت‌گیر بوده و با فرضیات اپراتور می‌تواند تحت تاثیر قرار گیرد. قبل از ارزیابی باید تعریف کار، زمان شروع و پایان مشخص شود. این مدل نواقصی که در مدل‌های ارزیابی مواجهه پوستی وجود دارد را تا حدودی رفع نموده و نتایج آن انعطاف‌پذیر است. مزیت مدل‌ها هزینه بسیار پایین و عدم نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی و حلال‌ها است(۳۱).

زمانی که فرد غذاهای دارای هیدروکربن‌های حلقوی را مصرف کند ارزیابی بیومارکرها دچار خطا می‌شود نیاز به برخی مواد شیمیایی، کارتریج و دستگاه HPLC از دیگر مواردی است که باعث گرانی و وقت‌گیر بودن این روش‌ها می‌باشد(۱۸,۱۹).

تقدیر و تشکر

این مقاله از پایان‌نامه آقای حمید دهقان طزرجانی به راهنمایی آقای دکتر محمد جواد زارع سخویدی استخراج شده است. شایان ذکر است پایان‌نامه فوق بخشی از یک طرح مصوب پژوهشی بود که توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد حمایت مالی گردید. بدین وسیله از این دانشگاه تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

1. Lookingbill DP, Marks JG. Principles of dermatology: WB Saunders Pennsylvania PA; 2000.
2. Durham WF, Wolfe HR. Measurement of the exposure of workers to pesticides. Bulletin of the World Health Organization. 1962;26(1):75.
3. Semple S. Dermal exposure to chemicals in the workplace: just how important is skin absorption? Occupational and environmental medicine. 2004;61(4):376-82.
4. Kanerva L. Handbook of occupational dermatology: Springer; 2000.
5. EPA USEPAUS. Dermal exposure assessment: A summary of EPA approaches. Washington, DC: 2007 Contract No.: EPA/600/R-07/040F
6. Sartorelli P. Dermal exposure assessment in occupational medicine. Occupational medicine. 2002;52(3):151-6.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

7. Haritash A, Kaushik C. Biodegradation aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review. Journal of Hazardous Materials. 2009;169(1):1-15.
8. Bortolato SA, Arancibia JA, Escandar GM. Chemometrics-Assisted Excitation− Emission Fluorescence Spectroscopy on Nylon Membranes. Simultaneous Determination of Benzo [a] pyrene and Dibenz [a, h] anthracene at Parts-Per-Trillion Levels in the Presence of the Remaining EPA PAH Priority Pollutants As Interferences. Analytical Chemistry. 2008;80(21):8276-86.
9. Grimmer G, Brune H, Deutsch-Wenzel R, Dettbarn G, Misfeld J. Contribution of polycyclic aromatic hydrocarbons to the carcinogenic impact of gasoline engine exhaust condensate evaluated by implantation into the lungs of rats. Journal of the National Cancer Institute. 1984;72(3):733-9.
10. Bangs MDaGW. Dermal exposure assessment. WashingtonSeptember 2007. Available from: cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=183584.
11. Melicow MM. Percivall Pott (1713–1788) 200th Anniversary of first report of occupation-induced cancer of scrotum in chimney sweepers (1775). Urology. 1975;6(6):745-9.
12. McGonagle C, Todd D, Sleeuwenhoek A, Searl A, Galea KS. Development and comparison of two sampling methods to assess dermal exposure to drilling fluids and crude oil. 2013.
13. Fenske R. Dermal exposure assessment techniques. Annals of Occupational Hygiene. 1993;37(6):687-706.
14. Brouwer DH, Boeniger MF, van Hemmen J. Hand wash and manual skin wipes. Annals of Occupational Hygiene. 2000;44(7):501-10.
15. Cherrie JW, Brouwer DH, Roff M, Vermeulen R, Kromhout H. Use of qualitative and quantitative fluorescence techniques to assess dermal exposure. The Annals of occupational hygiene. 2000;44(7):519-22.
16. Mäkinen M. Dermal exposure assessment of chemicals: an essential part of total exposure assessment at workplaces: Kuopion yliopisto; 2003.
17. Anon (1998) Inventory of methods. Draft report Den subgroup 4 skin and surface contamination measurement. European Dermal Exposure Network, 1998 2, May 1998. Report No.
18. Davis JE, Stevens ER, Staiff DC. Potential exposure of apple thinners to azinphosmethyl and comparison of two methods for assessment of hand exposure. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 1983;31(6):631-8.
19. Ness SA. Surface and dermal monitoring for toxic exposures: Wiley. com; 1994.
20. Roels HA, Buchet J-P, Lauwerys RR, Bruaux P, Claeys-Thoreau F, Lafontaine A, et al. Exposure to lead by the oral and the pulmonary routes of children living in the vicinity of a primary lead smelter. Environmental research. 1980;22(1):81-94.
21. Linnainmaa M, Kiilunen M. Urinary cobalt as a measure of exposure in the wet sharpening of hard metal and stellite blades. International archives of occupational and environmental health. 1997;69(3):193-200.
22. Health Hazard Evaluation Report. Montana Log Home Residents: NIOSH (1986) National Institute for Occupational Safety and Health, 1986 April 1986. Report No.
23. Zhou Q. Biomonitoring workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons in asphalt during road paving: University of Cincinnati; 1997.
24. Jongeneelen FJ, Scheepers PT, Groenendijk A, Aerts LAV, Anzion RB, Bos RP, et al. Airborne concentrations, skin contamination, and urinary metabolite excretion of polycyclic aromatic hydrocarbons among paving workers exposed to coal tar derived road tars. The American Industrial Hygiene Association Journal. 1988;49(12):600-7.
25. Väänänen V, Hämeilä M, Kalliokoski P, Nykyri E, Heikkilä P. Dermal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons among road pavers. Annals of Occupational Hygiene. 2005;49(2):167-78.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

26. Fogh C, Byrne M, Andersson KG, Bell K, Roed J, Goddard A, et al. Quantitative measurement of aerosol deposition on skin, hair and clothing for dosimetric assessment. Final report1999.
27. Meuling W, Bragt P, Leenheers L, De Kort W. Dose-excretion study with the insecticide propoxur in volunteers. Prediction of Percutaneous Penetration Methods Methods, Measurements and Modelling. 1991;2:13-9.
28. Wolff MS, Herbert R, Marcus M, Rivera M, Landrigan PJ, Andrews LR. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) residues on skin in relation to air levels among roofers. Archives of Environmental Health: An International Journal. 1989;44(3):157-63.
29. Hicks JB. Asphalt industry cross-sectional exposure assessment study. Applied Occupational and Environmental Hygiene. 1995;10(10):840-8.
30. Kuljukka T, Vaaranrinta R, Mutanen P, Veidebaum T, Sorsa M, Kalliokoski P, et al. Assessment of occupational exposure to PAHs in an Estonian coke oven plant-correlation of total external exposure to internal dose measured as 1-hydroxypyrene concentration. Biomarkers. 1997;2(2):87-94.
31. Behroozy A. On dermal exposure assessment. International Journal of Occupational & Environmental Medicine. 2013;4(3).
32. Kammer R, Tinnerberg H, Eriksson K. Evaluation of a tape-stripping technique for measuring dermal exposure to pyrene and benzo (a) pyrene. Journal of Environmental Monitoring. 2011;13(8):2165-71.
33. Kang-Sickel J-CC, Stober VP, French JE, Nylander-French LA. Exposure to naphthalene induces naphthyl-keratin adducts in human epidermis in vitro and in vivo. Biomarkers. 2010;15(6):488-97.
34. Schuresko DD. Portable fluorometric monitor for detection of surface contamination by polynuclear aromatic compounds. Analytical Chemistry. 1980;52(2):371-3.
35. Vo-Dinh T, Gammage RB. The lightpipe luminoscope for monitoring occupational skin contamination. The American Industrial Hygiene Association Journal. 1981;42(2):112-20.
36. Fenske RA, Wong SM, LEFFINGWELL JT, SPEAR RC. A video imaging technique for assessing dermal exposure II. Fluorescent tracer testing. The American Industrial Hygiene Association Journal. 1986;47(12):771-5.
37. Steinberg SM, Poziomek EJ, Engelmann WH. A review of applications of luminescence to monitoring of chemical contaminants in the environment. Chemosphere. 1994;28(10):1819-57.
38. Fenske RA. Visual scoring system for fluorescent tracer evaluation of dermal exposure to pesticides. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 1988;41(4):727-36.
39. Fenske RA. Nonuniform dermal deposition patterns during occupational exposure to pesticides. Archives of environmental contamination and toxicology. 1990;19(3):332-7.
40. Aragón A, Blanco LE, Funez A, Ruepert C, Lidén C, Nise G, et al. Assessment of dermal pesticide exposure with fluorescent tracer: a modification of a visual scoring system for developing countries. Annals of Occupational Hygiene. 2006;50(1):75-83.
41. Archibald B, Solomon K, Stephenson G. A new procedure for calibrating the video imaging technique for assessing dermal exposure to pesticides. Archives of environmental contamination and toxicology. 1994;26(3):398-402.
42. Bierman E, Brouwer D, Van Hemmen J. Implementation and evaluation of the fluorescent tracer technique in greenhouse exposure studies. Annals of Occupational Hygiene. 1998;42(7):467-75.
43. Fenske RA, Birnbaum SG. Second generation video imaging technique for assessing dermal exposure (VITAE System). American Industrial Hygiene Association Journal. 1997;58(9):636-45.
44. Roff M. A novel lighting system for the measurement of dermal exposure using a fluorescent dye and an image processor. Annals of Occupational Hygiene. 1994;38(6):903-19.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

45. Kromhout H, Spruit, O., van Puyvelde, M., van der Haar, R.,, Mata CaR, C. Simultaneous use of the fluorescent tracer and surrogate skin pad to improve the assessment of dermal exposure to pesticides. American Industrial Hygiene Conference and Exhibition; June 5–11; Toronto1999.
46. Popendorf W, Ness S. Pad dosimetry methods. Surface and dermal monitoring for toxic exposures. 1994.
47. Soutar A, Semple S, Aitken Ra, Robertson A. Use of patches and whole body sampling for the assessment of dermal exposure. The Annals of occupational hygiene. 2000;44(7):511-8.
48. VanRooij J, Bodelier-Bade M, De Looff A, Dijkmans A, Jongeneelen F. Dermal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons among primary aluminium workers. La Medicina del lavoro. 1991;83(5):519-29.
49. VanRooij J, Maassen L, Bodelier-Bade M, Jongeneelen F. Determination of skin contamination with exposure pads among workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. Applied Occupational and Environmental Hygiene. 1994;9(10):693-9.
50. Chester G. Revised guidance document for the conduct of field studies of exposure to pesticides in use. NATO CHALLENGES OF MODERN SOCIETY. 1995;19:179-215.
51. De Vreede J, Brouwer D, Stevenson H, Van Hemmen J. Exposure and risk estimation for pesticides in high-volume spraying. Annals of Occupational Hygiene. 1998;42(3):151-7.
52. Van-Wendel-De-Joode B, Brouwer DH, Vermeulen R, Van Hemmen JJ, Heederik D, Kromhout H. DREAM: a method for semi-quantitative dermal exposure assessment. Annals of Occupational Hygiene. 2003;47(1):71-87.
53. Schneider T, Vermeulen R, Brouwer DH, Cherrie JW, Kromhout H, Fogh CL. Conceptual model for assessment of dermal exposure. Occupational and environmental medicine. 1999;56(11):765-73.
54. Cherrie J, Schneider T, Spankie S, Quinn M. A new method for structured, subjective assessments of past concentrations. Occupational Hygiene. 1996;3(1):75-83.
55. de Joode BvW, Vermeulen R, Van Hemmen J, Fransman W, Kromhout H. Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM). Occupational and environmental medicine. 2005;62(9):623-32.
56. Marquart J, Brouwer D, Gijsbers J, Links I, Warren N, Van Hemmen J. Determinants of dermal exposure relevant for exposure modelling in regulatory risk assessment. Annals of Occupational Hygiene. 2003;47(8):599-607.
57. Geer LA, Anna D, Curbow B, Diener-West M, van Wendel de Joode B, Mitchell C, et al. Survey assessment of worker dermal exposure and underlying behavioral determinants. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2007;4(11):809-20.
58. Krieger RI, Ross JH, Thongsinthusak T. Assessing human exposures to pesticides. Reviews of environmental contamination and toxicology: Springer; 1992. p. 1-15.
59. Woollen BH. Biological monitoring for pesticide absorption. Annals of Occupational Hygiene. 1993;37(5):525-40.
60. van Hemmen JJ, Brouwer DH. Assessment of dermal exposure to chemicals. Science of the total environment. 1995;168(2):131-41.
61. Fenske RA, Lu C. Determination of handwash removal efficiency: incomplete removal of the pesticide chlorpyrifos from skin by standard handwash techniques. American Industrial Hygiene Association. 1994;55(5):425-32.
62. Cherrie JW, Robertson A. Biologically relevant assessment of dermal exposure. Annals of Occupational Hygiene. 1995;39(3):387-92.
63. Henderson R, Hobbie J, Landrigan P, Mattisoti D, Perera F, Pfttaer E, et al. Biological markers in environmental health research. Environmental Health Perspectives. 1987;7:3-9.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

64. Møller M, Dybing E. Mutagenicity studies with urine concentrates from coke plant workers. Scandinavian journal of work, environment & health. 1980:216-20.
65. Venier P, Clonfero E, Cottica D, Gava C, Zordan M, Pozzoli L, et al. Mutagenic activity and polycydic aromatic hydrocarbon levels in urine of workers exposed to coal tar pitch volatiles in an anode plant. Carcinogenesis. 1985;6(5):749-52.
66. Keimig S, Kirby K, Morgan D, Keiser J, Hubert T. Identification of 1-hydroxypyrene as a major metabolite of pyrene in pig urine. Xenobiotica. 1983;13(7):415-20.
67. Jongeneelen F, Anzion R, Leijdekkers CM, Bos R, Henderson PT. 1-Hydroxypyrene in human urine after exposure to coal tar and a coal tar derived product. International archives of occupational and environmental health. 1985;57(1):47-55.
68. Jongeneelen F, Anzion R, Henderson PT. Determination of hydroxylated metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in urine. Journal of Chromatography A. 1987;413:227-32.
69. Sobus JR. Comparing urinary biomarkers of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: The University of North Carolina at Chapel Hill; 2008.
70. Jongeneelen FJ. Benchmark guideline for urinary 1-hydroxypyrene as biomarker of occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. Annals of Occupational Hygiene. 2001;45(1):3-13.
71. Jacob J, Seidel A. Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in human urine. Journal of Chromatography B. 2002;778(1):31-47.
72. Serdar B, Waidyanatha S, Zheng Y, Rappaport SM. Simultaneous determination of urinary 1-and 2-naphthols, 3-and 9-phenanthrols, and 1-pyrenol in coke oven workers. Biomarkers. 2003;8(2):93-109.
73. Serdar B, Egeghy PP, Gibson R, Rappaport SM. Dose-dependent production of urinary naphthols among workers exposed to jet fuel (JP-8). American journal of industrial medicine. 2004;46(3):234-44.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]