فصلنامه پرستار و پزشک در رزم/ زمستان ۹۹ / سال هشتم
ISSN: 2645-3940 DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66

Hair and Nail Matrices in Mercury Bio-monitoring for Public Hygiene, a comparative study

Abstract

Introduction: Mercury is the most toxic element in the environment and human communities are mainly exposing with its toxic effects via marine foods and amalgam fillings. Efficiency comparison of non-invasive matrices (Hair and Nails) for Hg exposure in mercury monitoring programs was the research head.

Methods: Head hairs as well as finger and toenails were obtained from 40 students of Tarbiat Modares University. Total mercury determination was done by Advanced Mercury Analyzer 254, LECO (USA). The results were reported as Mean (SE) ng g-dw.

Results: Occipital and frontal hairs, finger and toenails had 644(48), 662(48), 565(70) and 375(39) ng g-dw, respectively. Head hairs showed the least Coefficient of variation meanwhile hand nails showed the most. A significant positive correlation among whole bio-monitors barring fingernails were observed. Although, Total Hg level was the least in toenail matrix, but its mercury concentration showed a significant positive correlation with all other matrices and had the median Coefficient of variation, comparing with hairs and fingernails.

Conclusion: According to the study results, toenail beside of scalp hairs were more reliable in mercury bio-monitoring. Total mercury in fingernail is not an approvable biomarker to monitor the public hygiene.

Keywords: Mercury, Public Hygiene, Hair and nail

Article Info

Authors:

Vahid Aghadadashi*[1]
Homayon Maleki[2]
Mohsen Motashaker-Arani[3]
Abbas Esmaili-Sari [4]
Saeideh Molaei [5]

Affiliations

1 . Department of Marine Living Science, Marine Sciences Research Center, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, No. 3, Etemadzadeh St., Fatemi Ave., Tehran 1411813389
2 .Health administration of Army (NAZAJA).
3 .Department of Environment Science, Tarbiat Modares University, Tehran.
4 .Faculty of Chemistry, Kharazmi University, 43 Mofateh Ave.,Tehran 1571914911.
5 . Corresponding author: V. Aghadadashi (VahidAghadadashi@yahoo.com)

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]

فصلنامه پرستار و پزشک در رزم/ زمستان ۹۹ / سال هشتم

سخن آغازین 10.29252/npwjm.8.29.66 ISSN: 2645-3940

بررسی مقایسه‌ای دو بافت مو و ناخن برای زیست پایی سلامت عمومی در مواجهه با جیوه

چکیده

مقدمه: جیوه سمیترین فلز سنگین در زیستبوم است و جوامع انسانی با مصرف فرآوردههای دریایی و پرکردگی دندانها با آمالگام در معرض تأثیرات زیانبار آن هستند. بررسی کارایی شبکههای غیرتهاجمی (موهای سروناخنهای دست و پا) برای زیستپایی جیوه کل هدف این پژوهش بود.

روش‌کار: نمونه موهای جلویسر، پسسر و ناخنهای دست و پا از ۴۰ نفر از دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس که رژیم غذایی و تعداد آمالگام دندانی مشابهی داشته و در یک محدوده سنی بودند، گرفته شد. غلظت جیوه کل با دستگاهLECO AMA ۲۵۴ (USA) اندازهگیری شد.

یافته ها: میانگین (اشتباه معیار) غلظت جیوه کل درموهای جلویسر (۴۸) ۶۶۲، موهای پسسر (۴۸) ۶۴۴، ناخنهای دست (۷۰) ۵۶۵ و ناخنهای پا (۳۹) ۳۷۵ نانوگرم برگرم وزن خشک بود. ضریب تغییرات جیوه کل در موهای سر کمترین و در ناخنهای دست از همه بیشتر بود. میزان جیوه کل در تمام پایشگرها به جز ناخنهای دست با یکدیگرهمبستگی مثبت داشتند. میزان جیوه کل ناخنهای پا اگرچه از همه پایینتر بود، اما با تمام پایشگرهای دیگر همبستگی مثبت نشان میداد و ضریب تغییرات حد واسطی داشت.

نتیجه گیری: استفاده از موهای سر و ناخنهای پا در زیستپایی جیوه کل قابل اعتمادتر است. جیوه کل ناخنهای دست شاخص مناسبی برای پایش بهداشت عمومی جوامع نمیباشد.

کلیدواژگان: جیوه، سلامت عمومی، مو و ناخن

اطلاعات مقاله

وحیدآقاداداشی*[۱]
همایون ملکی[۲]
محسن متشکرآرانی[۳]
عباس اسماعیلی ساری[۴]
سعیده مولایی[۵]

وابستگی سازمانی نویسندگان

۱. * پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی ایران، تهران
۲. اداره بهداشت و درمان نزاجا، تهران
۳. گروه آموزشی محیط زیست، دانشکدههای منابع طبیعی وعلوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، واحد نور
٤. دانشکده شیمی، دانشگاه خوارزمی

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]

مقدمه

جیوه سمیترین فلز سنگین در محیط زیست بوده و هیچ اثر مثبت فیزیولوژیکی شناخته شده‌ای در سیستمهای زنده ندارد (۱). سطوح جیوه در جوامع انسانی با مقدار مصرف غذاهای دریایی، تماس شغلی و تعداد آمالگامهای دندانی مرتبط است. در میان انواع مختلف ترکیبات جیوه، متیل جیوه در بافتهای آبزیان بزرگنمایی زیستی یافته و پس از ورود به بدن مصرف کنندگان به راحتی از سدهای خونی-مغزی و یا پردههای جنینی عبور میکند و صدمات شدیدی به سیستم عصبی به ویژه در مراحل اولیه تکوین آن تحمیل می‌نماید (۳و۲). استفاده از پایشگرهای تهاجمی (خون، بافت چربی) و غیرتهاجمی[1] (نظیر مو، ناخن، بزاق) برای ارزیابی جیوه توصیه شده است. اداره سلامت عمومی آلاسکا زیستپایی جیوه آلی بر پایه مو را توصیه میکند (۴)؛ چراکه میزان جیوه مو نشان دهنده سطوح جیوه در اندامهای داخلی و رژیم غذایی است (۵). همبستگی میزان جیوه موی سر با مقادیر آن در مخچه، کبد، کلیهها و نیز قشر مخ با مطالعات کالبد شکافی اثبات شده است (۶و۷). نحوه ویژه ذخیرهسازی و پایداری زیاد جیوه در شبکه مو (۱۱ سال برای متیل جیوه) سبب شده است تا بافت مذکور به صورت یک پروفایل زمانی و فصلی برای بررسی بار آلودگی بدن به کار رود (۸). به این منظور، سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) مقدار مجاز جیوه در موی افراد عادی را $1\ \mu g\ g^{-1}$ اعلام کرده است (۹). با توجه به افزایش توصیهها جهت مصرف ماهی در دوران بارداری، نگرانیها درباره پتانسیل تأثیرات عصبی متیلجیوه بر جنین افزایش یافته و سطح هشدار دهنده $10\ \mu g\ g^{-1}$ جیوه در موی مادری به عنوان حداکثر مقدار قابل قبول برای حفاظت از نسل آتی ارائه شده است (۱۰). ناخن نیز بافتی پروتئینی است که میزان جیوه آن اکثراً به شکل آلی بوده و میتواند تماس طولانی مدت با جیوه را منعکس کند (۱۲و۱۱) همبستگی معنادار میان میزان جیوه کل ناخنهای پا و میزان متیل جیوه در قشر سطحی مغز (۱۳) و نیز میزان متیلجیوه در ناخنهای پا و بیماریهای قلبی-عروقی گزارش شده است (۱۴). استفاده از مو و ناخن در ارزیابی تماس با جیوه بر روی ۲۸۲۰ نفر در آمریکا و ۸۶۶۵ نفر در ژاپن و نیز ۶۵۹ نفر از مردم ساکن در شهرهای ساحلی چین بیانگر جایگاه ویژه این پایشگرها در حوزه سلامت و بهداشت در مقیاس جهانی است (۱۶و۱۵). بنابراین، روش مزبور میتواند برای ۱) بررسی سطوح متیل جیوه ۲) برنامه ریزی برای استقرار یک سیستم پایش عمومی در حوزه هشدارهای مرتبط با سلامت جوامع و ۳) غربالگری زنانی که در سنین بارداری قرار داشته و بار جیوه آنها برای نسل بعدی خطرآفرین است، مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش، رابطه بین مقادیر جیوه کل در مو و ناخن در شرایطی بررسی میشود که در همه افراد مورد مطالعه اثر عوامل متغیری مانند رژیم غذایی، تعداد آمالگامهای دندانی، وزن و دیگر عوامل موثر بر غلظت جیوه کل تا حد ممکن یکسان شده باشد. این موضوع میتواند به درک کامل‌تری از کارایی پایشگرهای مورد بحث و انتخاب بافت مناسب‌تر بی‌انجامد.

روش کار

۴۰ نفر از دانشجویان مرد دانشکدههای منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس که رژیم غذایی و شرایط قدی-وزنی یکسانی داشتند، به صورت تصادفی به عنوان نمونه آماری مطالعه حاضر انتخاب گردید. اطلاعات مربوط به هر فرد در پرسشنامهها (سن، وزن، قد، جنسیت، میزان مصرف ماهی و کنسرو ماهی در ماه، تعداد دندانهای ترمیمی با آمالگام و نیز تاریخ پرکردگی آنها) ثبت و نمونهگیری از ناحیه موهای پس و جلوی سر از نزدیکترین قسمت به پوستسرانجام گردید. طول موها برای سهولت در تفسیر نتایج بیش از ۲ سانتیمتر انتخاب شد. نمونههای ناخن از هر ۱۰ انگشت دست و پای افراد گرفته شد. نمونهها ابتدا با آب یون زدایی شده و در ادامه ۳ بار توسط استون شستشو و در آخر با آب یون زدایی شده آبکشی شدند. نمونهها در آون الکتریکی مدل Memmrt, Be۵۰۰ خشک و تا حد ممکن به قطعات کوچک بریده و توسط ترازوی AAA,۲۵۰L توزین و درنهایت اندازهگیری مقدار جیوه کل توسط دستگاه آنالیز پیشرفته جیوه، مدل ۲۵۴ LECO انجام شد (۱۷). میزان جیوه کل در نمونهها به صورت نانوگرم بر گرم (وزن خشک) گزارش گردید.اطلاعات جمع آوری شده با استفاده از نرمافزار SPSS ۱۷ و Excel ۲۰۰۷آنالیز گردیدند. دادهها توزیع نرمال داشتند و همبستگی بین غلظت جیوه کل در میان پایشگرها توسط آزمون Pearson بررسی و در مواردی که وجود همبستگی اثبات شد، معادله رگرسیون مربوط محاسبه و نمایش داده شد. آزمون آنالیز واریانس یکطرفه برای مقایسه غلظت جیوه بین شبکه مو و ناخنهای دست و پا به کار رفت. ضریب تغییرات میزان جیوه کل برای تمام پایشگرها محاسبه گردید. در تمامی آزمونها $p < ۰.۰۵$ به عنوان سطح معنیداری آماری در نظر گرفته شد.

1. Non-Invasive Matrices

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]

یافته ها

میانگین غلظت جیوه کل(خطای استاندارد) در موهای جلویسر ۶۶۲(۴۸)، موهای پسسر ۶۴۴(۴۸)، ناخنهای دست ۵۶۵(۷۰) و ناخنهای پا ۳۷۵(۳۹) نانوگرم بر گرم به دست آمد. از آنجا که تمام افراد دارای رژیم غذایی یکسان شامل ۸ وعده ماهی در ماه بودند، میزان مصرف ماهی برای تمام افراد یکسان بوده و دیگر به عنوان عامل متغیر مطرح نبود.آزمون همبستگی بین عوامل متغیر، قد و نمایه توده بدنی نشان داد که بین غلظت جیوه کل در پایشگرهای مورد مطالعه و این متغیرها هیچ رابطه معنیداری مشهود نیست همبستگی بین میزان جیوه کل در پایشگرهای زیستی مورد مطالعه در جدول شماره ۱ خلاصه و معادلات رگرسیونی مربوط به همبستگیهای مشاهده شده نیز محاسبه و نمودار آنها ارایه شده است (شکلهای شماره ۱ الی ۴). غلظت جیوه کل در نمونه موهای سر با ناخنهای دست اختلاف معنیداری نشان ندادند در حالی که میزان جیوه کل در نمونه ناخنهای پا، و ناخنهای دست به طور معنیداری با یکدیگر اختلاف داشتند (شکل شماره ۵). ضریب تغییرات میزان جیوه کل در موهای سر (جلویی و جانبی) ۳۴ درصد، در ناخنهای پا ۴۸ درصد و در ناخنهای دست ۵۸ درصد به دست آمد.

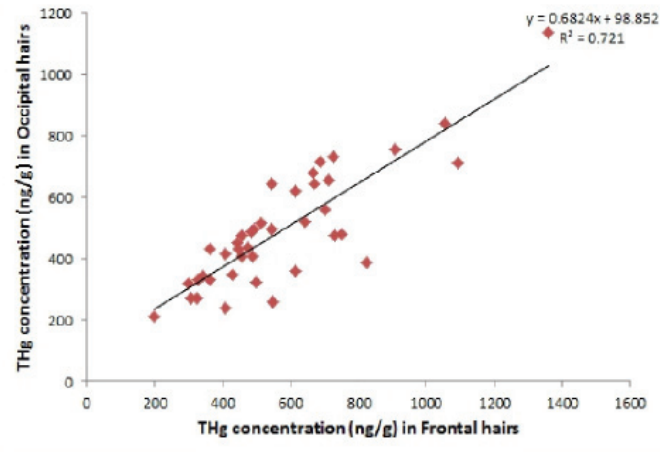
جدول شماره ۱- همبستگی پیرسون بین میزان جیوه کل در پایشگرهای زیستی مورد مطالعه

	موهای پس‌سر	موهای جلوی‌سر	ناخن دست	ناخن پا
موهای پس‌سر	۱	۰/۸۳**	۰/۲۲	۰/٦**
موهای جلوی‌سر	۰/۸۳**	۱	۰/۲	۰/٤٧**
ناخن دست	۰/۲۲	۰/۲	۱	۰/٦۲**
ناخن پا	۰/٦**	۰/٤٧**	۰/٦۲**	۱

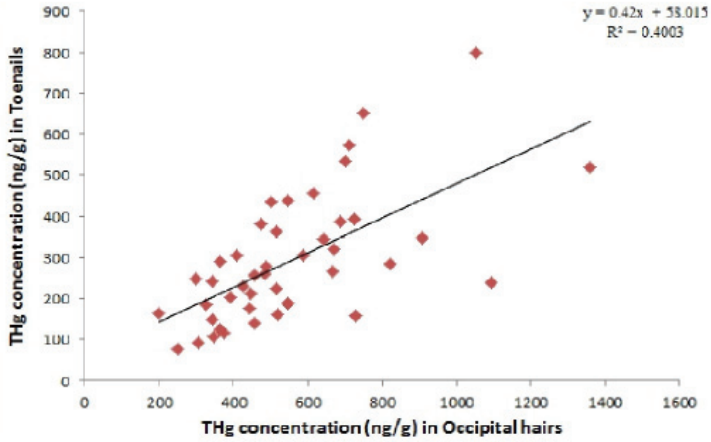
**: معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

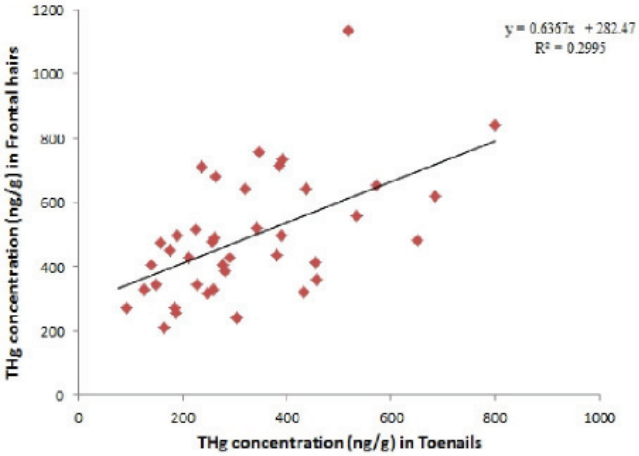
[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]



شکل شماره ۱- نمودار رگرسیون رابطه میان غلظت جیوه کل در موهای جلو و پس‌سر



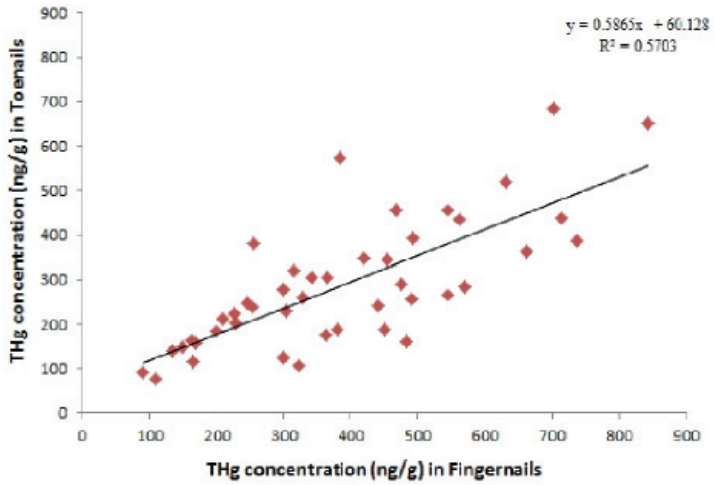
شکل شماره ۲- نمودار رگرسیون رابطه میان غلظت جیوه کل در موهای پس‌سر و ناخن پا



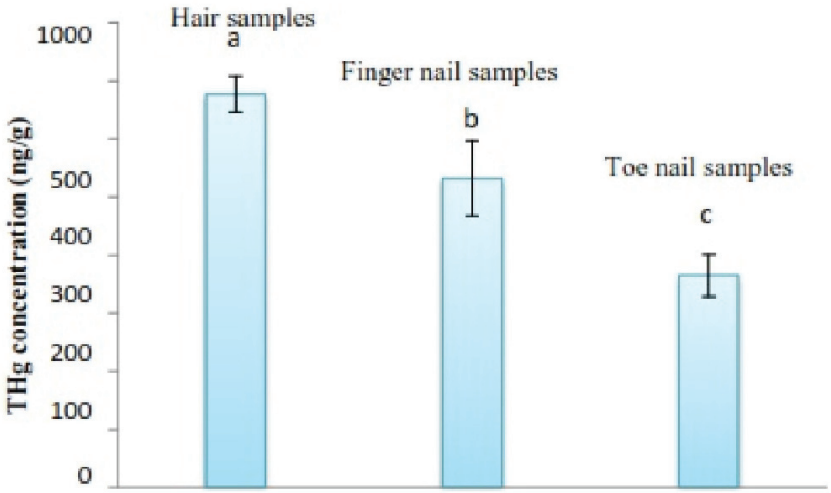
شکل شماره ۳- نمودار رگرسیون رابطه میان غلظت جیوه کل در موهای جلو سر و ناخن پا

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]



شکل شماره ٤- نمودار رگرسیون رابطه میان غلظت جیوه کل در ناخن های دست و ناخن پا



شکل شماره ٥- مقایسه غلظت جیوه کل در پایشگرهای مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

عوامل دخیل در غلظت جیوه کل تا حد ممکن کنترل شده و بر پایه آزمونهای همبستگی تاثیری در میزان جیوه دفعی مشاهده شده در پایشگرهای مورد نظر نداشته است. بنابراین میتوان در این مرحله از مطالعه با بررسی تفاوت میزان جیوه در پایشگرهای غیرتهاجمی (در یک شرایط کنترل شده) به یک قضاوت تجربی درباره رابطه غلظت جیوه در پایشگرهای مختلف دست یافت. در این مطالعه موهای پسر و موهای جلویسر از نظر میزان جیوه کل همبستگی بسیار خوبی با هم داشته (جدول شماره ۱) و معادله رگرسیونی آنان که در شکل شماره ۱ ترسیم شده است،

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]

از R^2 نسبتا بالایی برخوردار بود. نتایج بررسی اختلاف معنیداری میان میزان جیوه کل در موهای پسسر و جلویسر نشان نمیدهد. در مجموع به نظر میرسد میزان جیوه کل در موهای قسمتهای مختلف سر یکسان باشد (۱۸). همچنین، همبستگی معنیداری میان غلظت جیوه کل در ناخنهای پا با مقادیر آن در موهای پسسر، جلویسر و نیز ناخن دست مشاهده (جدول شماره ۱) و معادلات رگرسیونی آنها ارائه شده است (شکل شماره ۲، ۳ و ۴). اُهنو و همکاران نیز (۱۹) در بررسی زنانی که تماس شغلی با جیوه نداشتند، پس از اثبات وجود همبستگی میان غلظت جیوه کل در موهای پسسر و غلظت جیوه کل در ناخنهای پا، رابطه رگرسیونی

$$[\text{hair mercury}_{(ppm)}] = ۲/۴۴ [\text{toe mercury}_{(ppm}]$$

را پیشنهاد دادند. نظیر چنین رابطهای نیز در مطالعه حاضر به دست آمد (شکل شماره ۲ و ۳).

علاوه بر این، مقادیر جیوه کل ناخنهای پا به طور معنیداری از مقادیر آن در موهای سر پایینتر بود (شکل شماره ۵). ناخنهای پا سرعت رشد و محتوای گوگرد بسیار کمتری در مقایسه با موهای سر داشته و از تماس با آلودگیهای خارجی مصون هستند (۲۰). در این مطالعه، غلظت جیوه کل در ناخنهای پا با مقدار متناظر آن در ناخنهای دست همبستگی معنیدار داشته (جدول شماره ۱) و معادله رگرسیونی آن نیز ارایه شده است (شکل شماره ۴). بین غلظت جیوه کل در این دو شبکه اختلاف معنیدار وجود داشت (شکل شماره ۵). تفاوت در سرعت رشد و میزان جریان خون در هنگام تشکیل ناخنهای دست و پا و نیز تماس با آلایندههای خارجی از جمله عوامل مهم احتمالی هستند که سبب ایجاد تفاوتهای معنیدار در غلظت جیوه کل بین این دو پایشگر زیستی شدهاند (۲۱). باید توجه داشت که در شرایط کنترل شده این مطالعه، غلظت جیوه کل در ناخنهای دست با مقدار متناظر آن در موهای سرهمبستگی معنیدار نداشت (جدول شماره ۱). آلودگی با منشا بیرونی که در اثر تماس بیشتر دست با اشیای گوناگون ایجاد شده میتواند بر میزان جیوه کل ناخنهای دست بیافزاید (۲۱). در این مطالعه، ناخنهای دست فقط با ناخنهای پا همبستگی نشان میدادند. در واقع، ناخنهای پا تنها پایشگرهایی بودند که میزان جیوه کل در آنها با تمام پایشگرهای دیگر همبستگی نشان میداد (جدول شماره ۱). اختلاف معنیداری بین غلظت جیوه کل در ناخنهای پا و دیگر پایشگرها نیز وجود داشت (شکل شماره ۵). این نتایج ممکن است در اثر عواملی چون سرعت رشد پایین و مواجهه کمتر با محیط اطراف و آلودگیهای خارجی به دست آمده باشد (۲۲).

سوزوکی و همکاران (۲۱) در مطالعهای به مقایسه مو و ناخن به عنوان پایشگرهای شاخص در زیستپایی جیوه پرداخته و بالاترین مقادیر جیوه کل به ترتیب در موهای پسسر، ناخنهای دست و ناخنهای پا گزارش شد. ریتچی و همکاران (۲۳) در مطالعه خود به بررسی غلظت جیوه کل در موهای سر، موهای زهار و ناخنهای دست و پای ۱۸۰ دندانپزشک و ۱۸۰ نفر از مردم عادی پرداختند. در افراد عادی، موهای سر، موهای زهار، ناخنهای دست و در نهایت ناخنهای پا به ترتیب بیشترین غلظتها را در خود نشان دادند. در گروه دندانپزشکان اما، بیشترین مقدار مشاهده شده مربوط به ناخنهای دست (به دلیل تماس شغلی) و سپس موهای سر، موهای زهار و در نهایت ناخنهای پا بود. در این مطالعه نمونه آماری با شرایط ویژهای انتخاب گردید تا تغییرات میزان جیوه در پایشگرها تا حد ممکن از تفاوتهای سنی،رژیم غذایی و غیره تأثیر نپذیرد. در این شرایط، ضریب تغییرات میزان جیوه کل در موهای سر از همه کمتر بود. این مساله نشان از آن دارد که میزان جیوه کل در موها (تحت شرایط کنترل شده این آزمایش) از نوسانات کمتر و در نتیجه دقت بیشتری در ارزیابی بار جیوه کل بدن برخوردار است. این در حالی است که ناخنهای دست علیرغم شرایط کنترل شده در این آزمایش، بیشترین نوسانات در مقدار جیوه کل را نشان میدهند و برای ارزیابی بار جیوه کل بدن مناسب نیستند.این ضریب تغییرات بالا میتواند به علت آلودگیهای بیرونی باشد که در اثر تماس دائمی دست با اشیای گوناگون ایجاد شده است (۲۴).

بیشترین میزان جیوه کل در موها و کمترین آن در ناخنهای پا دیده شد. ضریب تغییرات جیوه کل در موهای سر کمترین و در ناخنهای دست از همه بیشتر بود. میزان جیوه موجود در ناخنهای پا اگرچه از همه پایینتر بود اما با تمام پایشگرهای دیگر همبستگی مثبت و معنیداری نشان میداد و ضریب تغییرات حد واسطی داشت. ناخنهای دست برای زیستپایی جیوه به منظور بهداشت عمومی مناسب نیستند. برای انجام آزمایشات غربالگری جوامع در مواجهه با جیوه، نمونهگیری از موهای پسسر و ناخنهای پا پیشنهاد میشود.

سپاسگزاری

مقاله فوق برگرفته از پایاننامه کارشناسی ارشد در دانشگاه تربیت مدرس با عنوان "اثر تراکم موهای سر و سینه بر روی میزان جیوه و مقایسه غلظت آن با ناخنهای دست و پای انسان" است.

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]

منابع

1. Counter S, Buchanan L. Mercury exposure in children: a review. Toxicology and applied pharmacology. 2004; 198: 209-230.

2. SanfeliuC, SebastiaJ, CristofolR, Rdfguez-farreE. Neurotoxicity of organomercurial compounds. Neurotoxicity research. 2003; 5(4): 283-06.

3. Karouna-renierN, Ranga-raoK, Lanza J, et al. Effects of breast feeding on neuropsychological development in a community with methyl mercury exposure from sea food. Journal of exposure and environmental epidemiology. 2003; 15: 423-430.

4.Larry L, Needham, Antonia m, Calafat, Dana B, Bar R. Uses and issues of biomonitoring. Int. J.Hyg. Environ.-health. 2007; 229–238.

5. Babi D, VasjariM, CeloV, KoroveshiM. Some results on hg content in hair in different populations in albania. The science of the total environment.2000; 259: 55-60.

6. Kim S, Jeon C, PaekD. Hair mercury concentrations of children and mothers in korea:implication for exposure and evaluation. Science of the total environment.2008; 402: 36-42.

7. HacaE, KrzyzanowskiM, KrechniakJ. Total mercury in human renal cortex, liver, cerebellum and hair. The science of the total environment.2000; 248: 37-43.

8. Foo S.C, NgimC.H, PhoonW.O, Lee J. Mercury in scalp hair of healthy Singapore residents. The science of the total environment. 1988; 72: 113-122.

9. Di´ezS, Delgado S, Aguilera I, et al. Prenatal and earlychildhood exposure to mercury and methylmercury in spain, a high-fish-consumer country. Arch enviroincontamtoxicol. 2009; 56: 615-622.

10. Feng, W., et al., 1995. Naa, gc(ec) and srxrf study of Hg species in head hair of mothers and their newborn infants. J. Radioanal. Nucl. Chem. 195, 67–73.

11. Morton J, Mason H, Ritchie K, White M**.** Comparison of hair, nails and urine for biological biomonitoring of low level inorganic mercury exposure in dental workers, Biomarkers. 2004; 9: 47-55.

12. Moses M.F, PrabakaranJ.J. Evaluation of occupational exposure to toxic metals using fingernails as biological indicators. Research journal of environmental toxicology. 2011: 5(1): 65-70.

13.BjörkmanL., LundekvamB.F., LagreidT., BertelsenB.I., MorildI., LillengP., et al. Mercury in human brain, blood, muscle and toenails in relation to exposure: an autopsy study. Environmental health. 2007: 6-30

14. Choi A.L., WeiheP., Budtz-jørgensenE, JørgensenP.J., SalonenJ.T., TuomainenT., et al. Methylmercury exposure and adverse cardiovascular effects in faroese whaling men. Environmental health perspectives. 2009: 117: 367-372

15.Smith, J.C., Allen, P., Burg, R., 1997. Hair methyl mercury levels in U.S. Women. Arch. Environ. Health. 52, 476–480.

16. YasutakeA, Matsumoto M, Yamaguchi M, HachiyaN. Current hair mercury levels in japanesefor estimation of methylmercury exposure. Journal of health science. 2004; 50(2): 120-125.

17. AlakiliI, Babaker A, Sarmani S, Elkhidir E. Determination of total mercury concentration level in hair of the kualalumpur residents: a linear regression approach. Journal of science and its application.2008; 2: 52-59.

18. Airey D. Mercury in human hair due to environment and diet: a review. Environmental healthperspectives.1983; 52: 303-316.

19. Ohno T, Sakamoto M, Kurosawa T, Dakeishi M, Iwata T, Murata K. Total mercury levels in hair, toenail, and urine among women free from occupational exposure and their relations to renal tubular function. Environmental research.2007; 103: 191-197.

20. Brockman J, Raymond L, Ralston C, et al. The nail as a noninvasive indicator of methylmercury exposures and mercury/selenium molar ratios in brain, kidney, and livers of long-evans rats.Biol Trace Elem Res. 2011; doi 10.1007/s12011-011-9019-8.

21. Suzuki T, Watanabe S, Matsua N. Comparison of hair with nail as index medical for biological monitoring of mercury. Japanese journal of industrial health.1989; 31: 235-238.

22. Wilhalm M, Pesch B, Wittsiepe J, et al. Comparison of arsenic levels in fingernails with urinary as species as biomarkers of arsenic exposure in residents living close to a coal-burning power plant in Prievidza district. Journal of exposure analysis and environmental epidemiology.2005; 15: 89-98.

23. Ritchie K, Burke F, Gilmour W, et al. Mercury vapor levels in dental practices and body mercury levels of dentists and controls. British dental journal.2004; 197: 625-32.

24. Clarkson T, Magos L. The toxicology of mercury and its chemical compounds.CritRev Toxicol.2006;36: 609-62.

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2025-08-24]

[DOI: 10.29252/npwjm.8.29.66]