journal homepage: www.sjfm.ir

Iranian Journal of Forensic Medicine

Iran J Forensic Med. 2021 May;27(1):25-34 Volume 27, Issue 1, Spring 2021 Research Article

Identification and Determination the Relationship Between the Elemental Compounds of Hair and Fingernail in Hamadan Urban Community by PIXE Technique

Ebrahim Gholami Hatam[1*], Haniyeh Hematyar[1] MSc, Atefeh Farokhei[2] MSc

[1] Physics Department, Science Faculty, University of Malayer, Malayer, Iran
[2] Hamadan Branch, Iranian Legal Medicine Organization, Hamadan, Iran

***Correspondence to:** Ebrahim Gholami Hatam, Email: e.gholami@malayeru.ac.ir

ARTICLE INFO

Article history:
Received: January 28, 2021
Accepted: May 2, 2021
Online Published: May 31, 2021

Keywords:
Hair
Fingernail
Trace Element
Calcium
PIXE

HIGHLIGHTS

1. Among the hair samples of normal women, there is a significant difference between phosphorus and chromium and nickel, which may be related to gender or the way of hair care and use of hair cosmetics in women.
2. The elements silicon, phosphorus, potassium, calcium, chlorine, nickel, aluminum and chromium were common among the elements identified in the hair and nail samples, with a correlation coefficient of 0.3 between these elements in the hair and nail samples.

ABSTRACT

Introduction: Identification and analysis of keratin-based tissues has always been used as an indicator of different element absorption into the body. In this study, the hair and nail compositions of people living in the urban community of Hamadan to determine the amount, difference and relationship of the measured elements were investigated.

Methods: Samples were collected from the city of Hamadan in 2019. By considering the sex and the age, the people were divided into three group of normal, athlete and addicted based on physical activities. The quantitative elemental concentration in hair and nail samples was determined by PIXE technique. The statistical data were performed by Origin Lab pro software.

Results: Among the identified elements in the hair samples of females, a significant difference was determined between the element P with the elements of Cr and Ni ($P<0.001$) and a moderate difference with the element Co ($P<0.01$). No significant differences were found between hair elements in the male gender. Also, the quantitative p-value of element P between groups the normal people with addicts as well as the p-value of element Ca between groups of athletes with addicts was equal to p 0.01. In female nail samples, there was a significant difference between the element P and the elements of Ca, Cr and Al. The correlation coefficient of 0.33 was found among the common elements in the hair and nail samples.

Conclusion: The existence of a significant difference between the Calcium and its ratio in the hair and nail sample by considering the variables of gender and age can be used as a biomarker in forensic medicine.

How to cite: Gholami Hatam E, Hematyar H, Farokhei A. Identification and determination the relationship between the elemental compounds of hair and fingernail in Hamadan urban community by PIXE technique. Iran J Forensic Med. 2021;27(1):25-34.

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

Copyright © 2021 The Author(s); Published by Legal Medicine Research Center. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.sjfm.ir

مجله پزشکی قانونی ایران

مرکز تحقیقات پزشکی قانونی

دوره ۲۸، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۲۵ تا ۳۴

مقاله پژوهشی

شناسایی و تعیین ارتباط بین عنصری ترکیبات موی سر و ناخن افراد جامعه شهری همدان به روش پیکسی

ابراهیم غلامی‌حاتم[1*]، هانیه همت‌یار[1] MSc، عاطفه فرخی[2] MSc

[1] گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[2] واحد همدان، سازمان پزشکی قانونی ایران، همدان، ایران

*نویسنده مسئول: ابراهیم غلامی‌حاتم، پست الکترونیک: e.gholami@malayeru.ac.ir

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۹
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲
انتشار برخط: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰

واژگان کلیدی:
مو
ناخن
عناصر اختلاف
کلسیم
پرتو ایکس مشخصه

نکات ویژه

۱. در بین نمونه‌های موی افراد عادی زن بین عنصر فسفر با عناصر کروم و نیکل مقدار اختلاف معنادار مهمی وجود دارد که ممکن است مرتبط با جنسیت یا نحوه مراقبت از مو و استفاده از لوازم آرایشی مو در زنان باشد.
۲. عناصر سیلیسیوم، فسفر، پتاسیم، کلسیم، کلر، نیکل، آلومینیوم و کروم در بین عناصر شناسایی شده در نمونه‌های مو و ناخن مشترک بودند که ضریب همبستگی ۰،۳ بین این عناصر در نمونه مو و ناخن وجود دارد.

چکیده

مقدمه: بافت‌های کراتینه همواره به عنوان نشانگر جذب عناصر مختلف در بدن مورد توجه بوده است. در این پژوهش، ترکیبات مو و ناخن افراد ساکن در جامعه شهری همدان برای تعیین مقدار، اختلاف و ارتباط عناصر اندازه‌گیری شده است.

روش بررسی: نمونه‌ها از سطح شهر همدان در سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری شد. افراد به تفکیک جنس و سن به ۳ گروه سالم، ورزشکار و معتاد براساس فعالیت فیزیکی دسته‌بندی شدند. مطالعه کمی ترکیبات عنصری موجود در نمونه‌های مو و ناخن با استفاده از روش پیکسی اندازه‌گیری شد. بررسی داده‌های آماری با استفاده از نرم افزار OriginLab انجام شد.

یافته‌ها: در بین عناصر شناسایی شده در نمونه‌های موی سر افرادِ زن ارزش مقداری بین عنصر P با عناصر Cr و Ni تفاوت مهم ($P<=۰/۰۰۱$) و با عنصر Co تفاوت متوسط ($P<=۰/۰۱$) تعیین شد و در موی سر افراد مرد اختلاف معناداری یافت نشد. همچنین ارزش مقداری عنصر P بین گروه‌های افراد عادی با معتاد و ارزش مقداری عنصر Ca بین گروه‌های ورزشکار و معتاد معادل ($P<=۰/۰۱$) به دست آمد. در نمونه‌های ناخن افرادِ زن نیز بین عنصر P با عناصر Ca، Cr و Al تفاوت مهمی وجود داشت. در بین عناصر مشترک موجود در نمونه‌های مو و ناخن افراد ضریب همبستگی ۰/۳۳ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: وجود اختلاف معنادار بین عنصر کلسیم موجود در نمونه مو و ناخن و نیز نسبت آن می‌تواند به عنوان یک نشانگر زیستی در پزشکی قانونی با درنظر گرفتن متغیرهای جنسیت و سن افراد کاربرد داشته باشد.

مقدمه

عناصر موجود در بافت‌ها و یا قسمت‌های مختلف بدن می‌توانند اطلاعات فراوانی درباره سطح سلامت جسمی و روحی افرد ارائه دهند. ید، سلنیوم و روی علاوه بر برخی دیگر از عناصر کمیاب با سلامت و یا پوکی استخوان به طور مستقیم یا غیرمستقیم مرتبط هستند[۱]. اخیراً از ارتباط بین میزان عناصر سرب، مس و روی موجود در خون کودکان زیر ۳ سال برای تشخیص تراکم استخوان به جای روش‌های تصویربرداری پرهزینه استفاده شده است [۲]. همچنین ارتباط بین میزان مس موجود در خون و خطر ابتلا به سکته مغزی در بزرگسالان انجام شده است [۳]. مقادیر بالای روی در نمونه خون با اختلالات شخصیتی و اعتیاد افراد در ارتباط است [۴]. در یک پژوهش برای تعیین مقدار عناصر کمیاب از قطرات اشک در بین افراد سالم و بیماران دیابتی استفاده شده است [۵]. در اکثر مطالعات قبلی اگرچه از طریق آزمایش‌های پاتولوژی می‌توان مقدارعناصر کمیاب را به دست آورد اما مشکلاتی

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

ازجملـه قابلیت نگهداری کوتاه‌مدت نمونه خون و خطاهای ناشـی از تغذیـه آنی شـخص که قبل از نمونه‌گیـری روی نتیجه آزمایش تاثیرگذار است، وجود دارد [۶، ۷].

استفاده از بافت‌های دیگر مانند نمونه‌های مو و ناخن تا حدی این مشـکلات را رفع می‌کند. نمونه مـو امروزه به عنوان یک نمونه باارزش در بررسـی‌های سم‌شناسی مطرح است [۸، ۹] به طوری‌که استفاده از این نمونه می‌تواند مکمل نمونه‌های دیگر برای آگاهی از مصارف درازمدت داروها و مخدرها باشـد. تحقیقات نشـان داده که مقدار آهن در گروه افراد بیمار (در متابولیسم غیرطبیعی آهن) در مو و ناخن کمتر اسـت. همچنین مقدار روی و نسبت Zn/Cu در موهای سر گروه افراد بیمار به طور قابل توجهی پایین‌تر از گروه سالم است یـا مثلاً محتوای کروم در مو و ناخن‌های انگشـت در گروه بیمار به طور قابل ملاحظه‌ای پایین تر از گروه سالم قرار دارد [۱۰]. از طرفی افزایش شـیوع فلوئوریس منجر به افزایش جسـتجوی نشانگرهای زیسـتی که در معـرض فلوئور قرار دارند شـده اسـت. در این بین نشـانگرهای زیستیِ مو، ناخن و ناخن پا به عنوان یک نشانگر بسیار مناسب که در معرض مزمن فلوئور ناشی از مصرف آب قرار دارند این مزیت را دارند که به صورت غیرتهاجمی جمع‌آوری شـده، به راحتی حمل و ذخیره می شـوند [۱۱]. در حوزه سم‌شناسی و جُرم‌شناسی از تفـاوت ترکیـب عنصری ناخـن در بین افراد سـالم و افراد مبتلا به ماده مخدر تریاک به عنوان یک روش تشـخیصی اسـتفاده شده اسـت [۱۲]. تجزیه و تحلیل ناخن‌ها به عنوان یک ماتریس کراتینه شده برای شناسـایی داروها یا مواد غیرقانونی به طور فزاینده‌ای در سم‌شناسی، پزشـکی قانونی و بالینی به عنوان یک آزمایش مکمل، به ویژه برای مشـخصه‌یابی مواد تجمع‌یافته درازمدت مورد استفاده قرار گرفته اسـت [۱۳]. اسـتفاده همزمان از آنالیز مو و ناخن بیانگر مقادیـر عناصر در بدن در درازمدت می‌تواند باشـد، بنابراین از آنها به عنوان نمونه‌های بیولوژیکی برای تشـخیص بیماری‌ها اسـتفاده می‌شـود. مقدار عناصر در مو و ناخن نسبت به بافت‌های دیگر بدن بیشتر تجمیع می‌شود [۱۴]. این نشان می‌دهد که مو و ناخن یکی از قابل اطمینان‌تریـن اندام‌ها برای تعیین غلظت عناصر کمیاب در بدن هستند. البته مطالعات نشان می‌دهد که ترکیب عنصری ناخن می‌تواند متاثر از سـن، جنس و موقعیت جغرافیایی باشد [۱۵، ۱۷]. همچنین پژوهش‌ها نشـان می‌دهد که نـوع و رژیم غذایی می‌تواند بر غلظت عناصر موجود در مو و ناخن تاثیر گذار باشد [۱۸-۲۲].

بـه دلیـل فقـدان توانمنـدی روش‌هـای شـیمیایی در آنالیـز عنصـری، عناصـر کم‌مقـدار در نمونه‌هـا روش هـای آنالیز فیزیکـی مختلفـی بـرای آنالیـز مـو و ناخـن بـه کار رفته‌انـد [۲۳-۲۹]. در روش پیکسی (Particle Induced X-ray Emission) معمولاً باریکه‌ای از پروتون‌ها در شـتاب‌دهنده با انرژی فرودی بین یک تا ۴ مگاالکترون ولت شتاب داده می‌شوند و در داخل محفظه برهم‌کنش با نمونه هدف برخورد می‌کنند. پروتون فرودی معمولاً با داخلی‌ترین لایـه الکترونی (لایه‌ی K) اتم هدف برهم‌کنش کولنی انجام می‌دهد و سـبب خارج شدن الکترون موجود در این لایه می‌شود. در مرحله بعد حفره ایجاد شـده با گذار یکی از الکترون‌های لایه‌های بالاتر (L, M, N, ...) به این لایه پُر می‌شـود که نتیجه آن گسـیل یک فوتون (پرتـو ایکس) با انرژی‌ای معادل اختلاف انرژی این دو تراز اسـت. از این پرتو ایکس به عنوان «پرتو ایکس مشـخصه» یاد می‌شود و برای آشکارسازی آن از آشکارسازهای سوسوزن استفاده می‌شود، به طوری که انرژی این پرتو برای هر عنصر مقداری منحصر به فرد است و برای شناسـایی عناصر موجود در نمونه اسـتفاده می‌شود. امروزه تجزیه و تحلیل به روش پیکسی به عنوان یک تکنیک بسیار مفید برای تجزیه و تحلیل چندعنصری اسـت و اکنون به‌طور گسـترده‌ای در بسیاری از زمینه‌ها ازجمله شیمی، پزشـکی، زیست‌شناسی، باستان‌شناسی، کشاورزی، علوم مواد، علوم شیلات، زمین‌شناسی، پترولوژی، مطالعه محیطـی، آلودگی هوا، نیمه‌هادی‌ها، فلزها، اخترفیزیک، علوم زمین، تحقیقات جنایی و مواد غذایی کاربرد دارد [۳۰].

در این پژوهش از روش پیکسی که یک روش آنالیز بس‌عنصری غیرمخرب و حسـاس اسـت برای آنالیز عنصری مو به منظور تعیین عناصر کلیدی و تغییر مقدار این عناصر با عادات تغذیه‌ای و جسمانی افراد اسـتفاده شـده اسـت. به منظور کاهش خطای تفسـیر نتایج آزمایش ترکیب عنصری هر دو نمونه مو و ناخن به عنوان نمونه‌های مکمل یکدیگر اندازه‌گیری شد و ارتباط بین عناصر در نمونه‌های مو و ناخن تعیین شد.

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

روش بررسی

نوع مطالعه

نمونه‌هـای مربوط به این پژوهش در بین افراد جامعه شـهری همدان با اقلیمی کوهستانی و غیرصنعتی به صورت مقطعی در سال ۱۳۹۸جمع‌آوری شـد. قبل از ورود به مطالعه از افراد رضایت آگاهانه بـرای انتشـار نتایج بدون درج نـام افراد و تاییدیـه کمیته اخلاق از معاونت پژوهشی دانشگاه ملایر اخذ شد.

جامعه و نمونه

بر اساس جنسیت افراد به دو دسته زن و مرد و براساس معیار سلامت جسمی، مصرف مواد مخدر و فعالیت‌های ورزشی افراد به ۳ گروه همسان‌سازی شدند. گروه اول افراد عادی بودند که بیماری خاصی نداشـتند، از رژیـم غذایی معمول در عرف جامعه در شهر همدان پیروی می‌کردند و بدون سابقه بیماری خاص، وابستگی دارویی یا رژیم غذایی خاصی بودند. گروه دوم افرادی بودند که حداقل به مدت ۵ سال قبل از نمونه‌گیری به صورت تزریقی و مصرفی تریاک اسـتعمال کرده‌اند. گروه سوم نیز افرادی بودند که طی ۵ سـال اخیر فعالیت‌های ورزشی به مدت ۳ تا ۵ روز در هفته و هر روز حداقل به مدت یک ساعت فعالیت ورزشی مستمر داشـته‌اند. مطالعه ارائه شده به‌صورت مقطعی توصیفـی غلظت عناصر موجـود در نمونه مو و ناخن انسـان در سطح شـهر همدان را ارائه می‌دهد. حجم نمونه در این نوع مطالعه از رابطه زیر به دست می‌آید [۳۱]:

$$N = \frac{\left(Z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right)^2 SD^2}{d^2} \qquad (۱)$$

که هریک از متغیرها در این پژوهش عبارتند از:

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$: متغیـر اسـتاندارد نرمـال که بـرای تعمیم نتایج بـه جامعه اسـت و مقـدار آن بـه ازای ۵ درصـد خطـای نـوع ۱ (P<۰/۰۵) معـادل ۱,۹۶ و مقـدار آن بـه ازای یک‌درصـد خطـای نـوع ۲ (P<۰/۰۱) معادل ۲/۵۸ است.

SD: انحراف استاندارد غلظت اندازه‌گیری عناصر موجود در نمونه مو ناخن در مطالعات قبلی به روش پیکسی است.

d: دقت اندازه‌گیری غلظت عناصر در روش پیکسی است.

$$N = \frac{(1.96)^2(12-15)^2}{5^2} \sim 20-30 \qquad (۲)$$

در مجموع ۲۳ نمونه تهیه شـد که ۱۱ نفـر زن و ۱۲ نفر مرد بودند. از آنجا که عوامل دیگری ممکن است در غلظت عناصر موجود در نمونه‌های مو و ناخن تاثیر گذار باشـد، پرسشنامه‌ای نیز به‌منظور کسـب اطلاعات بیشـتر درباره وضعیت سـلامتی و عادات مختلف تغذیه‌ای افراد تهیه شـد (جدول ۱). در این پرسشـنامه اطلاعاتی از قبیل سـن، جنسیت، ابتلای فرد به بیماری‌هایی مانند دیابت و فشار خـون، مصرف دخانیـات همچنین مقدار مصـرف آن، داروهایی که شـخص مصرف می‌کند، مکمل‌های غذایی یا دارویی، مواد آرایشی و بهداشتی مورد استفاده روی مو و ناخن، گیاهان دارویی مورد استفاده وآلودگی‌های موجود در محیط کار یا زندگی افراد جمع‌آوری شد.

روش اجرا

نمونه‌هـای مـو به منظـور جلوگیـری از آلودگی با اسـتفاده از قیچی اسـتنلس اسـتیل جراحی از قسـمت بالای سـر و از ۳ تا ۵ سـانتی‌متر انتهای موی بریده شـد و با اسـتفاده از دستکش‌های بهداشـتی در ظـروف شیشـه‌ای مخصـوص نمونه قرار داده شـد. بـرای آماده‌سـازی نمونه‌هـا ابتـدا نمونه‌هـا را شستشـو دادیم تا از هرگونـه آلودگـی ظاهـری پاک شـود. طبق روش‌های مرسـوم بـرای شستشـوی نمونـه مـو [۳۲، ۳۳] ابتـدا نمونه‌هـا بـه مدت ۱۵ min در ۴۰ mL آب مقطر قرار داده شـد. سـپس، نمونه به مدت ۱۵ min در ۲۰ mL اسـتن با درجه خلـوص بالا قرار گرفت که برای از بیـن بـردن مواد روغنی و هر نوع آلودگی خارجی روی سـطح مو اسـتفاده می‌شود تا خطای آزمایش را در تعیین مقدار عناصر کاهش دهـد. در مرحله آخر مجدداً نمونه به مدت ۱۵ min در ۴۰ mL آب مقطر قرار گرفت. پس از انجام مراحل بالا بشرهای حاوی نمونه مو را در گرمکن برقی با دمای ۴۰ °C به مدت ۱۵ min قرار دادیم تا نمونه کاملا خشک شود.

نمونه‌های ناخن از هر دوسـت افراد و از تمامی انگشتان دست با اسـتفاده از ناخنگیر جنس استنلس استیل که از قبل با الکل‌اتیل شسته شده بود، پس از جمع‌آوری در ظروف پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد. برای از بین‌بردن آلودگی‌های ناخن ابتدا نمونه‌ها به مدت

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

۱۰ دقیقه در آب مقطر غوطه‌ور شدند و سپس به مدت ۵ دقیقه با تکان‌های جزئی در داخل الکل شستشو داده شدند. این مرحله به منظور از بین‌بردن فعالیت‌های میکروبیولوژیکی قارچ‌ها و باکتری‌ها صورت می‌گیرد [۲۷]. برای قراردادن نمونه‌ها در محفظه برهم‌کنش، نمونه‌های ناخن با استفاده از دستگاه فشار تجاری با فشار ۳ تن به صورت قرص‌هایی با ضخامت ۳ mm تبدیل شدند.

ابزار اندازه‌گیری داده‌ها

در شتاب‌دهنده واندوگراف سازمان انرژی اتمی ایران، (High Voltage Eng. Corp. , Burlington, Mas., USA)، [۳۴] نمونه‌ها در داخل محفظه برهم‌کنش با خلأ 5^{10} Torr تحت باریکه پروتونی با انرژی ۲ MeV بمباران شدند که جریان باریکه حدود ۱۰ nA و قطر آن ۲ mm بود. پرتوهای ایکس مشخصه ساطع شده از نمونه با آشکارساز Si(Li) که در زاویه ۴۵° نسبت به باریکه فرودی قرار دارد جمع‌آوری می‌شود. غلظت عنصری نمونه‌ها توسط نرم‌افزار کامپیوتری GUPIX ارزیابی شد که این نرم‌افزار از روش پارامتر اساسی برای آنالیز عناصر بهره می‌برد [۳۵].

آنالیز آماری

مقادیر میانگین (Mean)، انحراف استاندارد (SD) و ارزش p برای بیان تفاوت‌های معنادار آماری بین عناصر شناسایی‌شده در نمونه‌های مو و ناخن با استفاده از نرم افزار OriginPro (نسخه ۹.۸.۲۰۰) به تفکیک جنسیت، سن و گروه افراد به دست آمد.

یافته‌ها

عمده عناصر یافت شده در نمونه‌های موی سر افراد P (فسفر)، K (پتاسیم)، Ni (نیکل)، Cl (کلر)، Al (آلومینیوم)، Co (کبالت)، Cr

▼ جدول۱. اطلاعات جمعیتی افراد مورد بررسی در این پژوهش

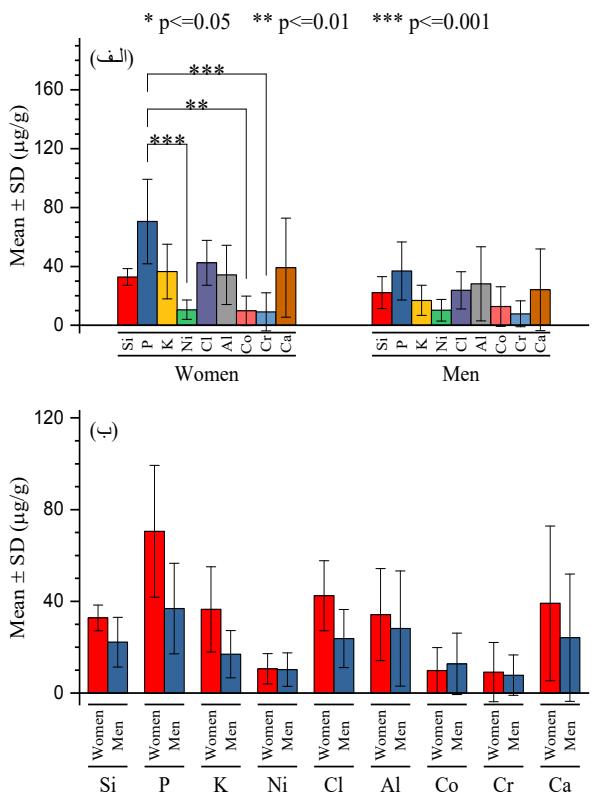
شماره نمونه	جنسیت (مرد/زن)	سن (سال)	بیماری یا عارضه خاص	رژیم غذایی	لوازم آرایشی	داروی مصرفی	شغل	دخانیات	مکمل ورزشی
۱	زن	۳۴		پر پروتئن					گلوتامین، آمینواسید
۲	مرد	۱۱		عادی					
۴	زن	۴۴		عادی		روی فینستراید			
۶	زن	۴۶		عادی					
۷	زن	۴۲		پر پروتئن	روغن آرگان	ویتامین E,D آهن امگا۳			آمینو اسید،BCAA، ال آرژنین،ال گلوتامین
۹	زن	۴۶		عادی					
۱۰	مرد	۴۲		عادی			نقاش ساختمان	سیگار	
۱۲	مرد	۱۸		عادی			دانش‌آموز		
۱۳	زن	۵۰		عادی			معلم		
۱۴	مرد	۶۰	قند و فشار خون	عادی			بازنشسته		
۱۵	زن	۳۴	نارکولوپسی	عادی			معلم		
۱۶	زن	۳۶		عادی			معلم		
۱۷	زن	۲۷		عادی			دانشجو		
۱۸	زن	۶۴	افسردگی خفیف	عادی	رنگ مو	قرص خواب	بازنشسته		
۱۹	مرد	۵۴		عادی		مواد صنعتی	بیکار	سیگار	
۲۰	مرد	۶۰		عادی		مواد صنعتی	بیکار	سیگار	
۲۱	مرد	۵۵		عادی		مواد صنعتی	کارگر	سیگار	
۲۲	مرد	۴۹		عادی		تریاک	کارگر	سیگار	
۲۳	مرد	۶۰		عادی		قرص متادون	کارگر	سیگار	
۲۴	مرد	۶۵		عادی			کارگر	سیگار	
۲۶	مرد	۷۸	انسداد ریه	عادی		داروهای ریه	بازنشسته	سیکار	

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

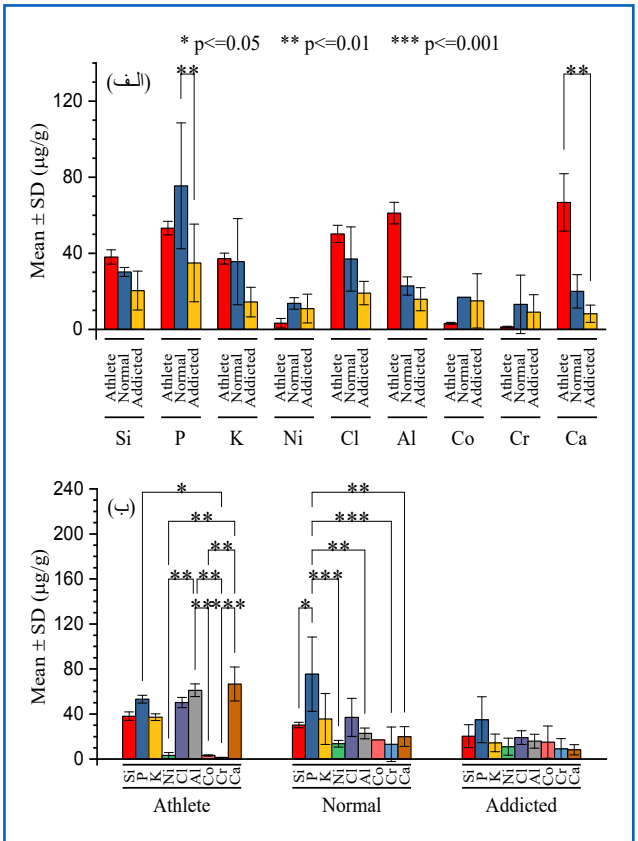
(کروم)، Ca (کلسیم) و Si (سیلیسیوم) بودند. همچنین عمده عناصر شناسایی شـده در نمونه‌های ناخن افراد P (فسفر)، K (پتاسیم)، Ni (نیـکل)، Cl (کلـر)، Al (آلومینیوم)، Cr (کروم) و Na (سـدیم) و Si (سیلیسیوم) بودند. عناصر P، K و Si در تمامی نمونه‌های موی مورد بررسی‌شده یافت شد. ارزش مقداری به ازای مقادیر $p<۰/۰۰۱$ بیانگر اختلاف مهم و قابـل توجه، به ازای مقادیر $p<۰/۰۱$ بیانگر اختلاف متوسط و به ازای مقادیر $p<۰/۰۵$ بیانگر اختلاف ضعیف به کار رفته اسـت. میانگین عنصری P در بین عناصر بیشترین غلظت و میانگین عنصری Cr کمترین غلظت را در میان عناصر شناسایی شده داشتند.

بحث

عمده عناصر شناخته شده در موی سر افراد بر اساس جنسیت در شـکل ۱ نمایش داده شده اسـت. در بین نمونه‌های زن عنصر P بـا Ni و Cr اختلاف معنـادار مهم و با عنصر Co اختلاف متوسـطی دارد، این در حالی اسـت که هیچ نوع تفـاوت معناداری بین عناصر موجود در نمونه‌های مرد یافت نشـد (شکل ۱. الف). اگرچه میانگین عناصر شناسـایی شـده در نمونه‌های زن بیشـتر از مقدار میانگین آنها در نمونه‌های مرد اسـت، اما این اختـلاف ارتباط معناداری را با جنسیت افراد نشـان نمی‌دهد (شکل ۱. ب). عنصر P بین گروه‌های افـراد عادی با معتـاد و عنصر Ca بین گروه‌های ورزشـکار با معتاد اختلاف معنادار متوسطی دارند (شکل ۲. الف). مقدار میانگین عناصر Si، K، Cl، Al و Ca در نمونه‌های موی افراد ورزشـکار بیشترین مقدار و در نمونه‌های افراد معتاد کمترین مقدار را نشـان می‌دهند (شکل ۲. الـف). در بین گروه افراد عادی مقـدار میانگین عنصر P اختلاف معنـادار مهمـی با عناصر Cr و Ni دارد (شـکل ۲. ب) و از آنجایی این اختلاف فقط در نمونه‌های زن یافت شـد (شـکل ۱. الف) به‌نظر



▲شکل ۱. مقادیر میانگین، انحراف استاندارد و ارزش p عناصر شناسایی شده در نمونه های موی افراد به تفکیک جنسیت

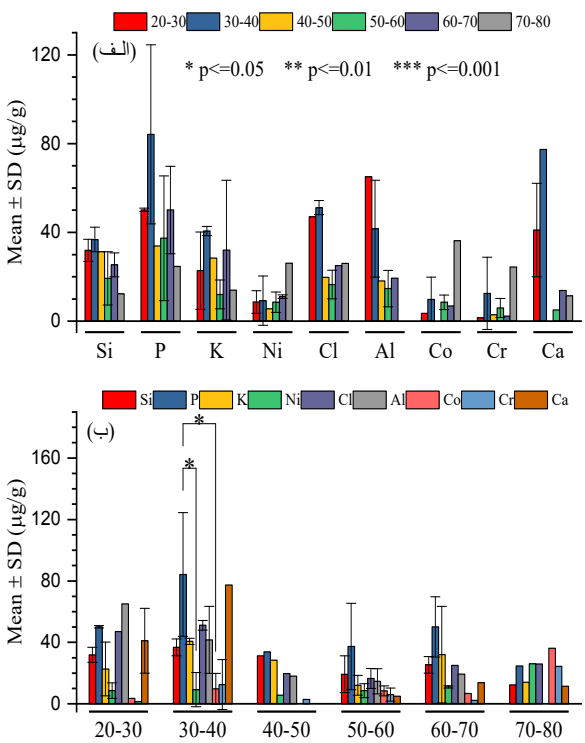


▲شکل ۲. مقادیر میانگین، انحراف استاندارد و ارزش p عناصر شناسایی شده در نمونه‌های موی افراد ورزشکار، عادی و معتاد

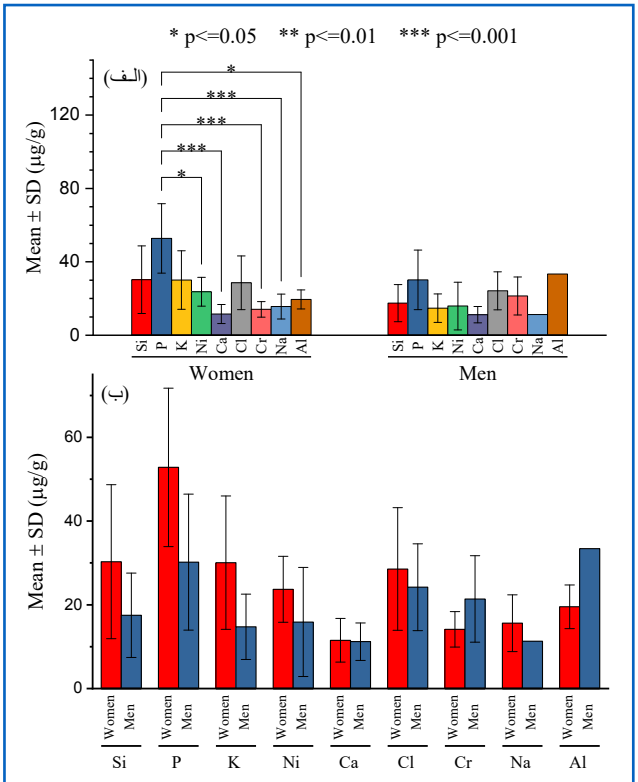
[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

می‌رسد این اختلاف وابسته به جنسیت افراد باشد. همچنین میانگین عنصر فسفر در بین گروه سنی ۳۰-۴۰ سال بیشتر از گروه‌های سنی دیگر مورد بررسی است اما این اختلاف معنادار نبود (شکل ۳. الف) اگرچه در همین رده سنی عنصر P اختلاف ضعیفی با Ni و Co دارد (شکل ۳. ب). در سایر رده‌های سنی ۱۰ساله اختلاف معناداری بین میانگین مقدار عناصر یافت شده مشاهده نشد و برای بررسی ارتباط بین مقدار عناصر در نمونه مو با سن افراد پژوهش‌های بیشتری لازم است. در یک نمونه که فشارخون بالا دارد عنصر پتاسیم یافت نشد. اگرچه نشان داده شده که همبستگی منفی بین مقدار پتاسیم خون و مصرف حاد کافئین وجود دارد[۳۶]. اما برای یافتن ارتباط بین مصرف کافئین با عنصر پتاسیم موجود در مو به پژوهش‌های بیشتری نیاز است.

عمده عناصر شناخته شده در ناخن دست افراد بر حسب جنسیت در شکل ۴ نمایش داده شده است. در نمونه‌های ناخن عنصر P با عناصر Cr، Ca و Na تفاوت معنادار مهم و با عناصر Ni و Al تفاوت معنادار ضعیف در بین نمونه‌های زن از خود نشان می‌دهد (شکل ۴. الف) در حالی که بین عناصر یافت شده در نمونه‌های ناخن مردان تفاوت معناداری از خود نشان نمی‌دهد (شکل ۴. ب). این موضوع می‌تواند مرتبط با ژنتیک، نحوه نگهداری، مراقبت و یا استفاده از مواد آرایشی در ناخن گروه جنسیتی زن باشد[۳۷]. که نیاز به پژوهش مجزا دارد. اگرچه میانگین عناصر Si ، P، K، Ni، Ca و Cl در بین نمونه‌های ناخن زن بیشتر از مقدار میانگین آنها در نمونه‌های مرد بود اما این مقدار تفاوت عناصر در دو گروه زن و مرد معنادار نبود. میانگین عنصر فسفر در بین گروه افراد ورزشکار بیشترین مقدار و در گروه افراد معتاد کمترین مقدار را دارد و اختلاف معناداری بین عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های ناخن افراد ورزشکار، عادی و معتاد مشاهده نشد (شکل ۵. الف). در بین گروه افراد عادی اختلاف ضعیفی بین عنصر P و Ca وجود دارد



▲شکل ۳. مقادیر میانگین، انحراف استاندارد و ارزش p عناصر شناسایی شده در نمونه‌های موی افراد به تفکیک گروه سنی (سال)



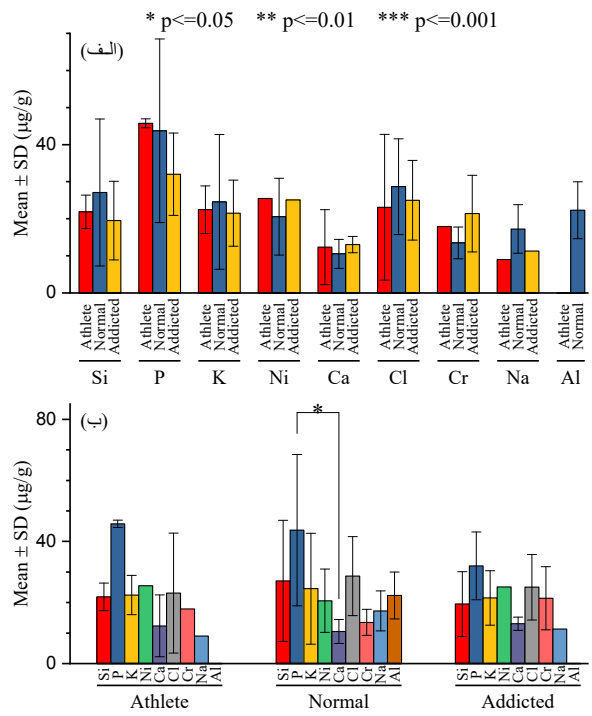
▲شکل ۴. مقادیر میانگین، انحراف استاندارد و ارزش p عناصر شناسایی شده در نمونه‌های ناخن افراد به تفکیک جنسیت

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

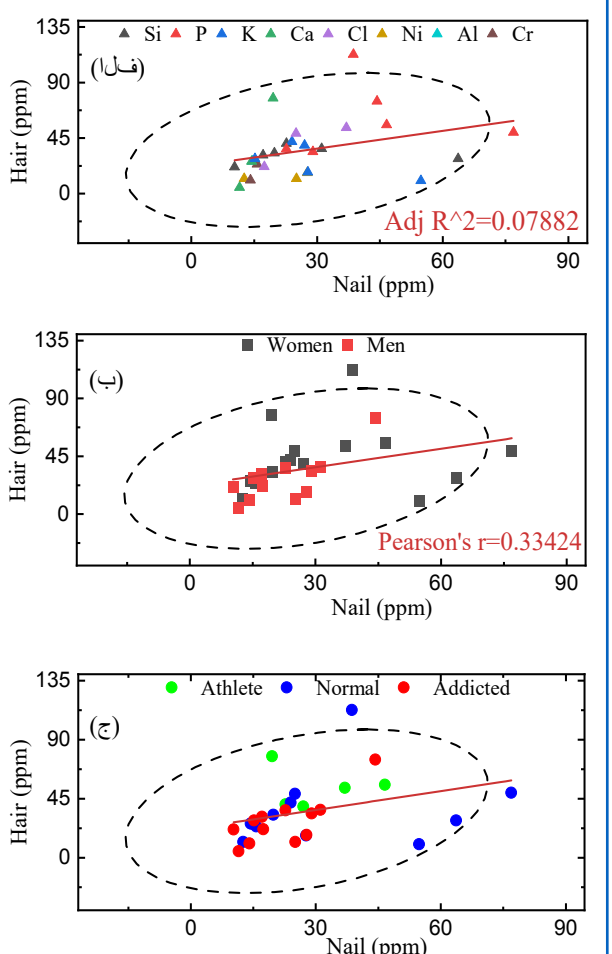
(شـکل ۵. ب). همچنین ارتباط معناداری بیـن نمونه‌های ناخن افراد با رده‌های سنی مختلف وجود نداشت.

عناصـر Si، P، K، Ca، Cl، Ni، Al و Cr در بیـن عناصـر اندازه‌گیری‌شـده در نمونه‌های مو و ناخن افراد مشـترک بودند. در شـکل ۶ نمودار پراکندگی مقدار ایـن عناصر در نمونه‌های مو ناخن بر اسـاس نوع عنصر، جنسـیت و گروه افراد مختلف به خط راسـت برازش شـده اسـت. ضریب همبستگی پیرسـون بین عناصر موجود در نمونه‌های مو و ناخن مقدار ۰,۳۳ به دسـت آمد. در نمودار شکل ۶. الف عنصر فسـفر از پراکندگی بیشـتری در ناحیه بیضی با میزان اعتماد ۹۵درصد حول خط راست قرار برخوردار است. به عبارت دیگر عنصر فسفر به صورت خطی در بین نمونه مو و ناخن تغییر نمی‌کند. در شکل ۶. ب مقدار عناصر مشترک در جنس زن پراکندگی کمتری در داخل بیضی حول خط راسـت دارند و این بدان معناست که بین مقادیـر این عناصر در بین نمونه‌های مـو و ناخن در زنان یک رابطه خطی وجود دارد. همچنین عناصر یافت شده در گروه افراد معتاد در شـکل ۶. ج کمتر حول خط راسـت در داخل بیضی پراکنده شده‌اند که این نشـان می‌دهد نسبت بین مقادیر عناصر مشترک یافت شده در نمونه‌هـای مو و ناخـن افراد معتاد یکنواخت‌تر اسـت. به عبارت دیگر نسـبت مسـتقمی بین مقادیر این عناصر در نمونه مو و ناخن افراد معتاد وجود دارد.

در شـکل ۷ نسبت مقدار عناصر مشترک در موی سر به مقدار آن در ناخن دسـت نمایش داده شده اسـت. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نسبت مقدارعناصر Si، P، K و Cl در موی سر به مقدار آنها در ناخن‌های دست در تمامی گروه‌های افراد مورد مطالعه از یک بیشتر است. نسبت مقدار عنصر Ca در موی سر به ناخن اختلاف معناداری



▲شکل ۵. مقادیر میانگین، انحراف استاندارد و ارزش p عناصر شناسایی شده در نمونه‌های ناخن افراد ورزشکار، عادی و معتاد



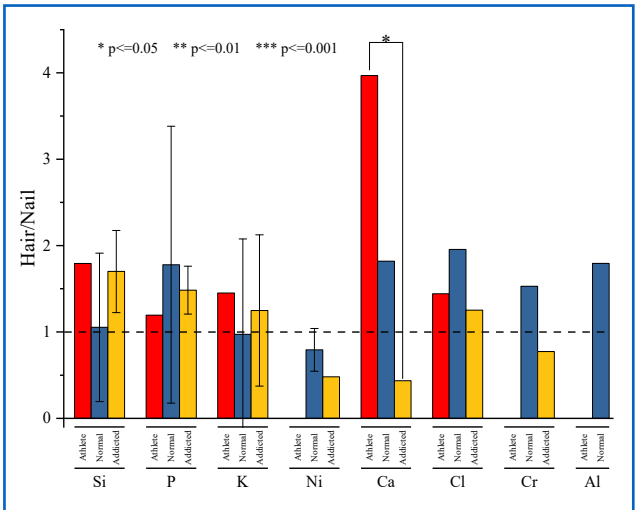
▲شـکل ۶. پراکندگی عناصر مشترک در نمونه‌های مو و ناخن به تفکیک عنصر، جنسیت و وضعیت جسمی

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

را بین گروه‌های افراد ورزشکار و معتاد نشان می‌دهد. نسبت مقدار Ca در مو به ناخن در افراد ورزشکار بزرگتر از ۳، در افراد عادی بین ۱ تا ۲ و در افراد معتاد کمتر از ۰,۵ است. بنابراین نسبت مقدار عنصر کلسیم در نمونه مو به ناخن ارتباط معناداری با گروه افراد معتاد، عادی و ورزشکار از خود نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

عمده عناصر شناسایی شده در موی سر افراد مورد مطالعه در سطح شهر همدان Ca، Cr، Co، Al، Cl، Ni، K، P و Si بودند که میانگین مقادیر عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های زن بیشتر از میانگین مقدار آنها در نمونه‌های مرد بود اما اختلاف معنا-داری با جنسیت افراد مشاهده نشد. در بین نمونه‌های موی افراد عادی زن بین عنصر فسفر با عناصر کروم و نیکل مقدار اختلاف معنادار مهمی وجود دارد که این امر می‌تواند به وابسته به جنسیت یا نحوه مراقبت از مو و استفاده از لوازم آرایشی مو در زنان باشد که نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارد. اختلاف معنادار مهمی بین مقدار عناصر موجود در نمونه‌های مو با رده‌های سنی مورد بررسی به دست نیامد. در بین نمونه‌های ناخن افراد زن نیز عنصر فسفر مقدار ارزش p اختلاف مهمی با عنصر کلسیم، کروم و سدیم دارد و چون این ارتباط بین نمونه‌های ناخن مردان مشاهده نشد، این موضوع می‌تواند مرتبط به جنسیت و یا روش‌های مراقبتی از ناخن در زنان باشد که پیشنهاد می‌شود مطالعات جداگانه‌ای در این خصوص انجام شود. عناصر سیلیسیوم، فسفر، پتاسیم، کلسیم، کلر، نیکل، آلومینیوم و کروم در بین عناصر شناسایی شده در نمونه‌های مو و ناخن مشترک بودند که ضریب همبستگی ۰/۳ بین این عناصر در نمونه مو و ناخن وجود دارد. نسبت مقدار عنصر فسفر در نمونه مو به مقدار آن در نمونه ناخن (P_H/P_N) در بین افراد معتاد، عادی و ورزشکار به ترتیب ($P_H/(P_N<1)$، $1<P_H/(P_N<2)$ و $P_H/P_N>3$ به دست آمد که می‌تواند به عنوان یک نشانگر زیستی در پزشکی قانونی به کار رود.



▲شکل . نسبت مقدار عناصر در موی سر به ناخن دست افراد

تشکر و قدردانی: از همکاری صمیمانه و نزدیک همکاران شتاب‌دهنده واندوگراف پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای ایران برای آنالیز عنصری نمونه‌ها تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

تأییدیه اخلاقی: این پژوهش کد اخلاق پژوهشی را از معاونت پژوهشی دانشگاه ملایر به شماره IR.MALAYERU.REC.1399.016 دریافت کرده است.

سهم نویسندگان: نویسندگان مقاله سهم یکسانی در جمع‌آوری نمونه، اندازه‌گیری داده‌ها، تحلیل و بررسی و نگارش این پژوهش دارند.

تعارض منافع: نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی در انجام این پژوهش ندارند.

منابع مالی: این پژوهش با پشتیبانی و حمایت مالی اداره کل پزشکی قانونی استان همدان به شماره قرارداد ۱۶۸۰۱۲ انجام شده است.

References

1. `Zofkova I, Nemcikova P, Matucha P. Trace elements and bone health. Clin Chem Lab Med. 2013;51(8):1555-61.
2. Wu Z, Yuan Y, Tian J, Long F, Luo W. The associations between serum trace elements and bone mineral density in children under 3 years of age. Sci Rep. 2021;11(1):1890.
3. Xu J, Xu G, Fang J. Association Between Serum Copper and Stroke Risk Factors in Adults: Evidence from the National Health and Nutrition Examination Survey, 20112016-. Biol Trace Elem Res. 2021.
4. Comai S, Bertazzo A, Vachon J, Daigle M, Toupin J, Cote G, et al. Trace elements among a sample of prisoners with mental and personality disorders and aggression: correlation with impulsivity and ADHD indices. J Trace Elem Med Biol. 2019;51:12-39.
5. Joda BA, Ward NI. Use of human teardrop fluid for the determination of trace elements in healthy individuals and diabetic patients. J Trace Elem Med Biol. 2021;65:126733.
6. Lombardi G, Lanteri P, Colombini A, Banfi G. Blood biochemical markers of bone turnover: pre-analytical and technical aspects of sample collection and handling. Clin Chem Lab Med. 2012;50(5):771-89.

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]

of a marine hunting community from modem Uummannaq, North Greenland. Chem Geol. 2007;244(1-2):316-29.
23. Toprak S, Kahriman F, Dogan Z, Ersoy G, Can EY, Akpolat M, et al. The potential of Raman and FT-IR spectroscopic methods for the detection of chlorine in human nail samples. Forensic Science Medicine and Pathology. 2020;16(4):633-40.
24. Savinov SS, Sharypova RM, Drobyshev AI. Determination of the Trace Element Composition of Human Nails. J Anal Chem. 2020;75(3):409-15.
25. Olympio KPK, Ferreira A, Rodrigues MHC, Luz MS, Albuquerque LGR, Barbosa JF, et al. Are fingernail lead levels a reliable biomarker of lead internal dose? J Trace Elem Med Biol. 2020;62.
26. Kuwayama K, Miyaguchi H, Kanamori T, Tsujikawa K, Yamamuro T, Segawa H, et al. Measurement of three-dimensional distributions of drugs in nails using liquid chromatography/tandem mass spectrometry after micro-segmentation to elucidate drug uptake routes. Anal Chim Acta. 2020;1108:89-97.
27. Huynh PT, Tran TPN, Dinh BT, Nguyen LTT, Truong LTH, Tran AT, et al. Analysis of trace elements in the fingernails of breast cancer patients using instrumental neutron activation analysis. J Radioanal Nucl Chem. 2020;324(2):663-71.
28. Cobo-Golpe M, de-Castro-Rios A, Cruz A, Paramo M, Lopez-Rivadulla M, Lendoiro E. Determination of antipsychotic drugs in nails and hair by liquid chromatography tandem mass spectrometry and evaluation of their incorporation into keratinized matrices. J Pharm Biomed Anal. 2020;189.
29. Balayan AP, Kumar V, Pandya P, Kanga U, Seth T, Raina A. Chimeric status of biological samples after HSCT for personal identification: Y-STR based DNA analysis in sex mismatch cases. Forensic Sci Int. 2021;318.
30. Ishii K. PIXE and Its Applications to Elemental Analysis. Quantum Beam Science. 2019;3(2):12.
31. Charan J, Biswas T. How to calculate sample size for different study designs in medical research? Indian J Psychol Med. 2013;35(2):12-16.
32. Kempson IM, Lombi E. Hair analysis as a biomonitor for toxicology, disease and health status. Chem Soc Rev. 2011;40(7):3915.
33. Kučera J, Kameník J, Havránek V. Hair elemental analysis for forensic science using nuclear and related analytical methods. Forensic Chemistry. 2018;7:65-74.
34. Lameh-Rachti M, 30 years analysing with ion beam analysis: experience in Van de Graaff accelerator, Annual conference of Physics, Shahroud, 1385 [In persian].
35. Campbell JL, Boyd NI, Grassi N, Bonnick P, Maxwell JA. The Guelph PIXE software package IV. Nucl Instrum Meth Phys B. 2010;268(20):3356-63.
36. Tsuji T, Morita S, Saito T, Nakagawa Y, Inokuchi S. Serum potassium level as a biomarker for acute caffeine poisoning. Acute Med Surg. 2020;7(1):e568.
37. Davis L, Khoza L, Brooks J. Nail art, nail care and self expression: Gender differences in African Americans' consumption of nail cosmetics. Fashion, Style & Popular Culture. 2019;6(2):159-74.
7. Hollensead SC, Lockwood WB, Elin RJ. Errors in pathology and laboratory medicine: Consequences and prevention. J Surg Oncol. 2004;88(3):161-81.
8. Wiedfeld C, Skopp G, Musshoff F. Single hair analysis: Validation of a screening method for over 150 analytes and application on documented single-dose cases. Drug Test Anal.2021;13(4):817-32.
9. da Costa BRB, Santos WJR, Maximiano IF, Gomes NC, Freitas BT, De Martinis BS. Application of microextraction techniques in alternative biological matrices with focus on forensic toxicology: a review. Bioanalysis. 2021;13(1):4564-.
10. Tang Y-R, Zhang S-Q, Xiong Y, Zhao Y, Fu H, Zhang H-P, et al. Studies of Five Microelement Contents in Human Serum, Hair, and Fingernails Correlated with Aged Hypertension and Coronary Heart Disease. Biol Trace Elem Res. 2003;92(2):97-104.
11. Vidyadharan M, Issac J, Joseph A, Joseph A, John D, Varadharaju V. Comparative evaluation of hair, fingernails, and toenails as biomarkers of fluoride exposure: A cross-sectional study. Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry. 2020;10(3):269.
12. Shadman S, Bahreini M, Tavassoli SH. Comparison between elemental composition of human fingernails of healthy and opium-addicted subjects by laser-induced breakdown spectroscopy. Appl Opt. 2012;51(12):2004.
13. Solimini R, Minutillo A, Kyriakou C, Pichini S, Pacifici R, Busardo FP. Nails in Forensic Toxicology: An Update. Curr Pharm Des. 2018;23(36):5468-79.
14. Blaurock-Busch E, Busch Y, Friedle A, Buerner H, Parkash C, Kaur A. Comparing the Metal Concentration in the Nails of Healthy and Cancer Patients Living in the Malwa Region of Punjab, India with a Random European Group – A Follow up Study. British Journal of Medicine and Medical Research. 2015;5(4):480-98.
15. Matas D, Koren L. Age-related testosterone declines can be detected in men's fingernails. Can J Physiol Pharmacol. 2018;96(1):76-9.
16. Brzozka P, Kolodziejski W. Sex-related chemical differences in keratin from fingernail plates: a solid-state carbon-13 NMR study. Rsc Advances. 2017;7(45):28213-23.
17. Chaturvedi R, Banerjee S, Chattopadhyay P, Bhattacharjee CR, Raul P, Borah K. High iron accumulation in hair and nail of people living in iron affected areas of Assam, India. Ecotoxicol Environ Saf. 2014;110:216-20.
18. Batool F, Iqbal S, Chan KW, Tariq MI, Shah A, Mustaqeem M. Concentrations of Heavy Metals in Hair and Nails of Young Pakistanis: Correlation with Dietary Elements. Environmental Forensics. 2015;16(1):1-6.
19. Sukumar A, Subramanian R. Relative element levels in the paired samples of scalp hair and fingernails of patients from New Delhi. Sci Total Environ. 2007;372(2-3):474-9.
20. Nardoto GB, Silva S, Kendall C, Ehleringer JR, Chesson LA, Ferraz ESB, et al. Geographical patterns of human diet derived from stable-isotope analysis of fingernails. Am J Phys Anthropol. 2006;131(1):137-46.
21. Mancuso CJ, Ehleringer JR. Resident and Nonresident Fingernail Isotopes Reveal Diet and Travel Patterns. Journal of Forensic Sciences. 2019;64(1):77-87.
22. Buchardt B, Bunch V, Helin P. Fingernails and diet: Stable isotope signatures

[Downloaded from sjfm.ir on 2026-06-24]