



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 Hematyar¹ MSc, Atefeh Farokhei² 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.



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

ابراهیم غلامی حاتم^{۱*}، هانیه همت یار^۱ MSc، عاطفه فرخی^۲ MSc

^۱ گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

^۲ واحد همدان، سازمان پزشکی قانونی ایران، همدان، ایران

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

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

۱۳۹۹/۱۱/۰۹

دریافت:

۱۴۰۰/۰۲/۱۲

پذیرش:

۱۴۰۰/۰۳/۱۰

انتشار برخط:

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 افراد زن ارزش مقداری بین عنصر P با عناصر Cr و Ni تفاوت مهم ($P < 0.001$) و با عنصر Co تفاوت متوسط ($P < 0.01$) 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 ($P < 0.01$) به دست آمد. در نمونه‌های ناخن افراد زن نیز بین عنصر P با عناصر Cr، Ca 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 در نظر گرفتن متغیرهای جنسیت و سن افراد کاربرد داشته باشد.

مقدمه

پرهزینه استفاده شده است [۲]. همچنین ارتباط بین میزان مس موجود در خون و خطر ابتلا به سکنه 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 مقدار عناصر کمیاب را به دست آورد اما مشکلاتی

عناصر موجود در بافت‌ها و یا قسمت‌های مختلف بدن می‌توانند اطلاعات فراوانی درباره سطح سلامت جسمی و روحی افراد 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

از جمله قابلیت نگهداری کوتاه مدت نمونه خون و خطاهای ناشی از تغذیه آنی شخص که قبل از نمونه گیری روی نتیجه آزمایش تاثیر گذار است، وجود دارد [۶، ۷].

استفاده از بافت های دیگر مانند نمونه های مو و ناخن تا حدی این مشکلات را رفع می کند. نمونه مو امروزه به عنوان یک نمونه بارز در بررسی های سم شناسی مطرح است [۸، ۹] به طوری که استفاده از این نمونه می تواند مکمل نمونه های دیگر برای آگاهی از مصارف دراز مدت داروها و مخدرها باشد. تحقیقات نشان داده که مقدار آهن در گروه افراد بیمار (در متابولیسم غیر طبیعی آهن) در مو و ناخن کمتر است. همچنین مقدار روی و نسبت Zn/Cu در موهای سر گروه افراد بیمار به طور قابل توجهی پایین تر از گروه سالم است یا مثلاً محتوای کروم در مو و ناخن های انگشت در گروه بیمار به طور قابل ملاحظه ای پایین تر از گروه سالم قرار دارد [۱۰]. از طرفی افزایش شیوع فلوتوریس منجر به افزایش جستجوی نشانگرهای زیستی که در معرض فلوتور قرار دارند شده است. در این بین نشانگرهای زیستی مو، ناخن و ناخن پا به عنوان یک نشانگر بسیار مناسب که در معرض مزمن فلوتور ناشی از مصرف آب قرار دارند این مزیت را دارند که به صورت غیرتهاجمی جمع آوری شده، به راحتی حمل و ذخیره می شوند [۱۱]. در حوزه سم شناسی و جرم شناسی از تفاوت ترکیب عنصری ناخن در بین افراد سالم و افراد مبتلا به ماده مخدر تریاک به عنوان یک روش تشخیصی استفاده شده است [۱۲]. تجزیه و تحلیل ناخن ها به عنوان یک ماتریس کراتینه شده برای شناسایی داروها یا مواد غیرقانونی به طور فزاینده ای در سم شناسی، پزشکی قانونی و بالینی به عنوان یک آزمایش مکمل، به ویژه برای مشخصه یابی مواد تجمع یافته درازمدت مورد استفاده قرار گرفته است [۱۳]. استفاده همزمان از آنالیز مو و ناخن بیانگر مقادیر عناصر در بدن در درازمدت می تواند باشد، بنابراین از آنها به عنوان نمونه های بیولوژیکی برای تشخیص بیماری ها استفاده می شود. مقدار عناصر در مو و ناخن نسبت به بافت های دیگر بدن بیشتر تجمع می شود [۱۴]. این نشان می دهد که مو و ناخن یکی از قابل اطمینان ترین اندام ها برای تعیین غلظت عناصر کمیاب در بدن هستند. البته مطالعات نشان می دهد که ترکیب عنصری ناخن

می تواند متاثر از سن، جنس و موقعیت جغرافیایی باشد [۱۵، ۱۷]. همچنین پژوهش ها نشان می دهد که نوع و رژیم غذایی می تواند بر غلظت عناصر موجود در مو و ناخن تاثیر گذار باشد [۱۸-۲۲].

به دلیل فقدان توانمندی روش های شیمیایی در آنالیز عنصری، عناصر کم مقدار در نمونه ها روش های آنالیز فیزیکی مختلفی برای آنالیز مو و ناخن به کار رفته اند [۲۳-۲۹]. در روش پیکسی (Particle Induced X-ray Emission) معمولاً باریکه ای از پروتون ها در شتاب دهنده با انرژی فرودی بین یک تا ۴ مگا الکترون ولت شتاب داده می شوند و در داخل محفظه برهم کنش با نمونه هدف برخورد می کنند. پروتون فرودی معمولاً با داخلی ترین لایه الکترونی (لایه ی K) اتم هدف برهم کنش کولنی انجام می دهد و سبب خارج شدن الکترون موجود در این لایه می شود. در مرحله بعد حفره ایجاد شده با گذار یکی از الکترون های لایه های بالاتر (L, M, N, ...) به این لایه پر می شود که نتیجه آن گسیل یک فوتون (پرتو ایکس) با انرژی ای معادل اختلاف انرژی این دو تراز است. از این پرتو ایکس به عنوان «پرتو ایکس مشخصه» یاد می شود و برای آشکارسازی آن از آشکارسازهای سوسوزن استفاده می شود، به طوری که انرژی این پرتو برای هر عنصر مقداری منحصر به فرد است و برای شناسایی عناصر موجود در نمونه استفاده می شود. امروزه تجزیه و تحلیل به روش پیکسی به عنوان یک تکنیک بسیار مفید برای تجزیه و تحلیل چند عنصری است و اکنون به طور گسترده ای در بسیاری از زمینه ها از جمله شیمی، پزشکی، زیست شناسی، باستان شناسی، کشاورزی، علوم مواد، علوم شیلات، زمین شناسی، پترولوژی، مطالعه محیطی، آلودگی هوا، نیمه هادی ها، فلزها، اخترفیزیک، علوم زمین، تحقیقات جنایی و مواد غذایی کاربرد دارد [۳۰].

در این پژوهش از روش پیکسی که یک روش آنالیز بس عنصری غیرمخرب و حساس است برای آنالیز عنصری مو به منظور تعیین عناصر کلیدی و تغییر مقدار این عناصر با عادات تغذیه ای و جسمانی افراد استفاده شده است. به منظور کاهش خطای تفسیر نتایج آزمایش ترکیب عنصری هر دو نمونه مو و ناخن به عنوان نمونه های مکمل یکدیگر اندازه گیری شد و ارتباط بین عناصر در نمونه های مو و ناخن تعیین شد.

روش بررسی

نوع مطالعه

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

در مجموع ۲۳ نمونه تهیه شد که ۱۱ نفر زن و ۱۲ نفر مرد بودند. از آنجا که عوامل دیگری ممکن است در غلظت عناصر موجود در نمونه‌های مو و ناخن تاثیر گذار باشد، پرسشنامه‌ای نیز به منظور کسب اطلاعات بیشتر درباره وضعیت سلامتی و عادات مختلف تغذیه‌ای افراد تهیه شد (جدول ۱). در این پرسشنامه اطلاعاتی از قبیل سن، جنسیت، ابتلای فرد به بیماری‌هایی مانند دیابت و فشار خون، مصرف دخانیات همچنین مقدار مصرف آن، داروهایی که شخص مصرف می‌کند، مکمل‌های غذایی یا دارویی، مواد آرایشی و بهداشتی مورد استفاده روی مو و ناخن، گیاهان دارویی مورد استفاده و آلودگی‌های موجود در محیط کار یا زندگی افراد جمع‌آوری شد.

روش اجرا

نمونه‌های مو به منظور جلوگیری از آلودگی با استفاده از قیچی استنلس استیل جراحی از قسمت بالای سر و از ۳ تا ۵ سانتی‌متر انتهای موی بریده شد و با استفاده از دستکش‌های بهداشتی در ظروف شیشه‌ای مخصوص نمونه قرار داده شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ها ابتدا نمونه‌ها را شستشو دادیم تا از هرگونه آلودگی ظاهری پاک شود. طبق روش‌های مرسوم برای شستشوی نمونه مو [۳۲، ۳۳] ابتدا نمونه‌ها به مدت ۱۵ min در ۴۰ mL آب مقطر قرار داده شد. سپس، نمونه به مدت ۱۵ min در ۲۰ mL استن با درجه خلوص بالا قرار گرفت که برای از بین بردن مواد روغنی و هر نوع آلودگی خارجی روی سطح مو استفاده می‌شود تا خطای آزمایش را در تعیین مقدار عناصر کاهش دهد. 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 کاملاً خشک شود.

نمونه‌های ناخن از هر دوست افراد و از تمامی انگشتان دست با استفاده از ناخنگیر جنس استنلس استیل که از قبل با الکل اتیل شسته شده بود، پس از جمع‌آوری در ظروف پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد. برای از بین بردن آلودگی‌های ناخن ابتدا نمونه‌ها به مدت

نمونه‌های مربوط به این پژوهش در بین افراد جامعه شهری همدان با اقلیمی کوهستانی و غیرصنعتی به صورت مقطعی در سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری شد. قبل از ورود به مطالعه از افراد رضایت آگاهانه برای انتشار نتایج بدون درج نام افراد و تاییدیه 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 نداشتند، از رژیم 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 استعمال کرده‌اند. گروه سوم نیز افرادی بودند که طی ۵ سال اخیر فعالیت‌های ورزشی به مدت ۳ تا ۵ روز در هفته و هر روز حداقل به مدت یک ساعت فعالیت ورزشی مستمر داشته‌اند. مطالعه ارائه شده به صورت مقطعی توصیفی غلظت عناصر موجود در نمونه مو و ناخن انسان در سطح شهر همدان را ارائه می‌دهد. حجم نمونه در این نوع مطالعه از رابطه زیر به دست می‌آید [۳۱]:

$$N = \frac{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}})^2 SD^2}{d^2} \quad (1)$$

که هر یک از متغیرها در این پژوهش عبارتند از:

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$: متغیر استاندارد نرمال که برای تعمیم نتایج به جامعه است و مقدار آن به ازای ۵ درصد خطای نوع ۱ ($P < 0.05$) معادل ۱.۹۶ و مقدار آن به ازای یک درصد خطای نوع ۲ ($P < 0.01$) 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.

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 نرم‌افزار 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 (سفر)، K (پتاسیم)، Ni (نیکل)، Cl (کلر)، Al (آلومینیوم)، Co (کبالت)، Cr

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 بین بردن 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 ۵۱۰ 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

جدول ۱. اطلاعات جمعیتی افراد مورد بررسی در این پژوهش

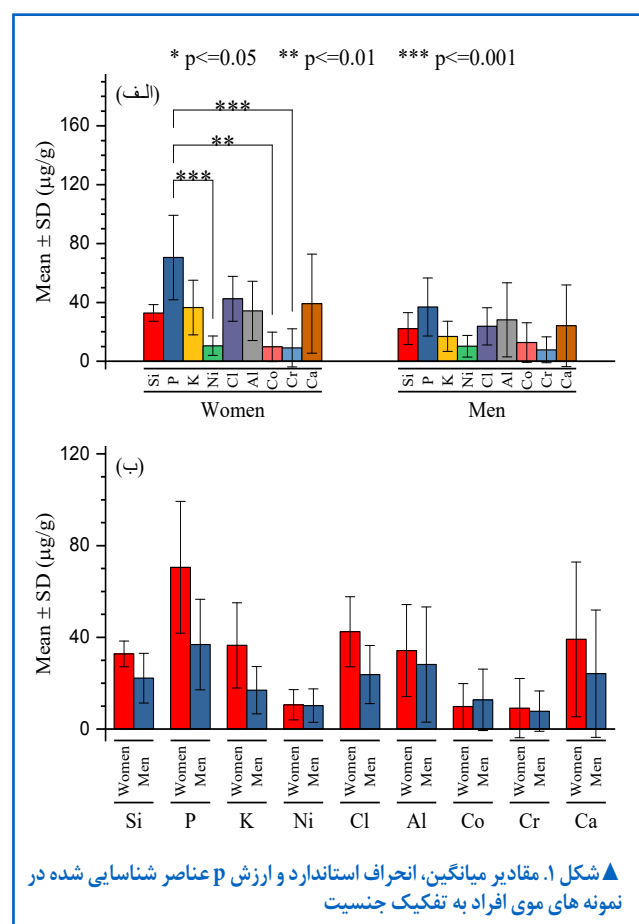
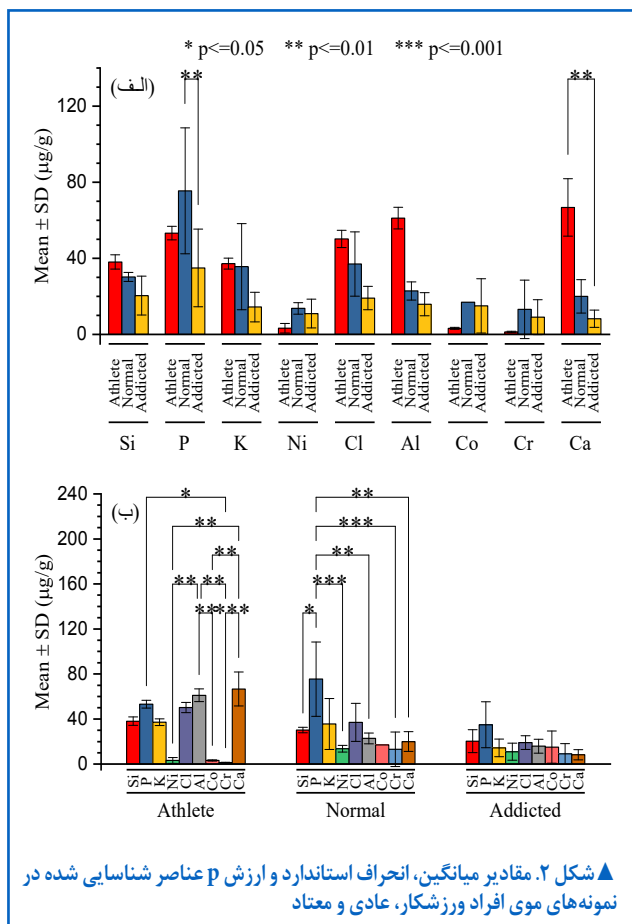
شماره نمونه	جنسیت (مرد/زن)	سن (سال)	بیماری یا عارضه خاص	رژیم غذایی	لوازم آرایشی	داروی مصرفی	شغل	دخانیات	مکمل ورزشی
۱	زن	۳۴		پر پروتئین					گلوتامین، آمینواسید
۲	مرد	۱۱		عادی					
۴	زن	۴۴		عادی		روی فینستراید			
۶	زن	۴۶		عادی					
۷	زن	۴۲		پر پروتئین	روغن آرگان	ویتامین E, D آهن امگا ۳			آمینو اسید، BCAA، 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	نارکولپسی	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	سیگار	

با Ni و Cr اختلاف معنادار مهم و با عنصر Co اختلاف متوسطی دارد، این در حالی است که هیچ نوع تفاوت معناداری بین عناصر موجود در نمونه‌های مرد یافت نشد (شکل ۱. الف). اگرچه میانگین عناصر شناسایی شده در نمونه‌های زن بیشتر از مقدار میانگین آنها در نمونه‌های مرد است، اما این اختلاف ارتباط معناداری را با جنسیت افراد نشان نمی‌دهد (شکل ۱. ب). عنصر P بین گروه‌های افراد عادی با معتاد و عنصر Ca بین گروه‌های ورزشکار با معتاد اختلاف معنادار متوسطی دارند (شکل ۲. الف). مقدار میانگین عناصر Al، Cr، K، Si و Ca در نمونه‌های موی افراد ورزشکار بیشترین مقدار و در نمونه‌های افراد معتاد کمترین مقدار را نشان می‌دهند (شکل ۲. الف). در بین گروه افراد عادی مقدار میانگین عنصر P اختلاف معنادار مهمی با عنصر Cr و Ni دارد (شکل ۲. ب) و از آنجایی این اختلاف فقط در نمونه‌های زن یافت شد (شکل ۱. الف) به‌نظر

(کروم)، Ca (کلسیم) و Si (سیلیسیوم) بودند. همچنین عمده عناصر شناسایی شده در نمونه‌های ناخن افراد P (فسفر)، K (پتاسیم)، Ni (نیکل)، Cl (کلر)، Al (آلومینیوم)، Cr (کروم) و Na (سدیم) و Si (سیلیسیوم) بودند. عناصر P و Si در تمامی نمونه‌های موی مورد بررسی شده یافت شد. ارزش مقداری به ازای مقادیر $p < 0.001$ بیانگر اختلاف مهم و قابل توجه، به ازای مقادیر $p < 0.01$ بیانگر اختلاف متوسط و به ازای مقادیر $p < 0.05$ بیانگر اختلاف ضعیف به کار رفته است. میانگین عنصری P در بین عناصر بیشترین غلظت و میانگین عنصری Cr کمترین غلظت را در میان عناصر شناسایی شده داشتند.

بحث

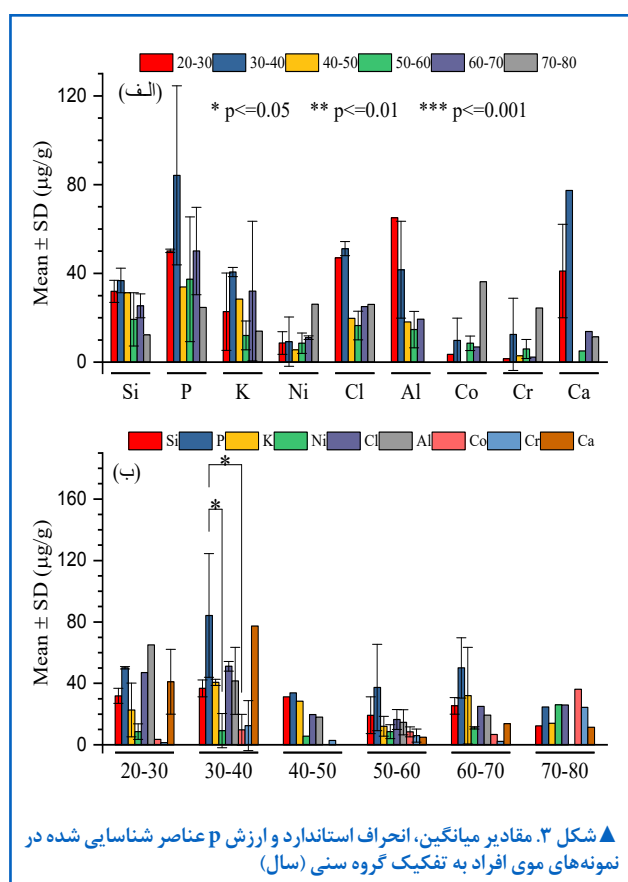
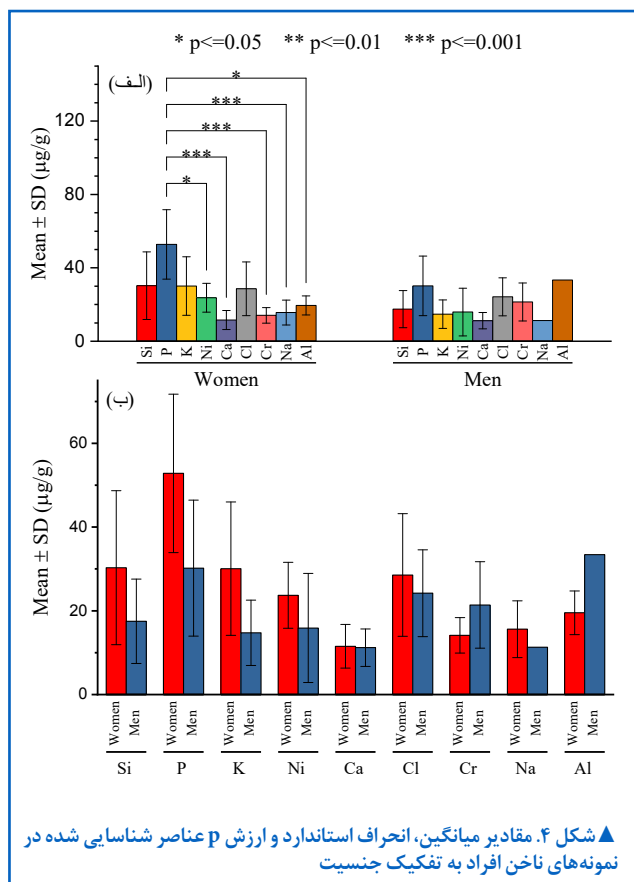
عمده عناصر شناخته شده در موی سر افراد بر اساس جنسیت در شکل ۱ نمایش داده شده است. در بین نمونه‌های زن عنصر P



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 و Ca 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

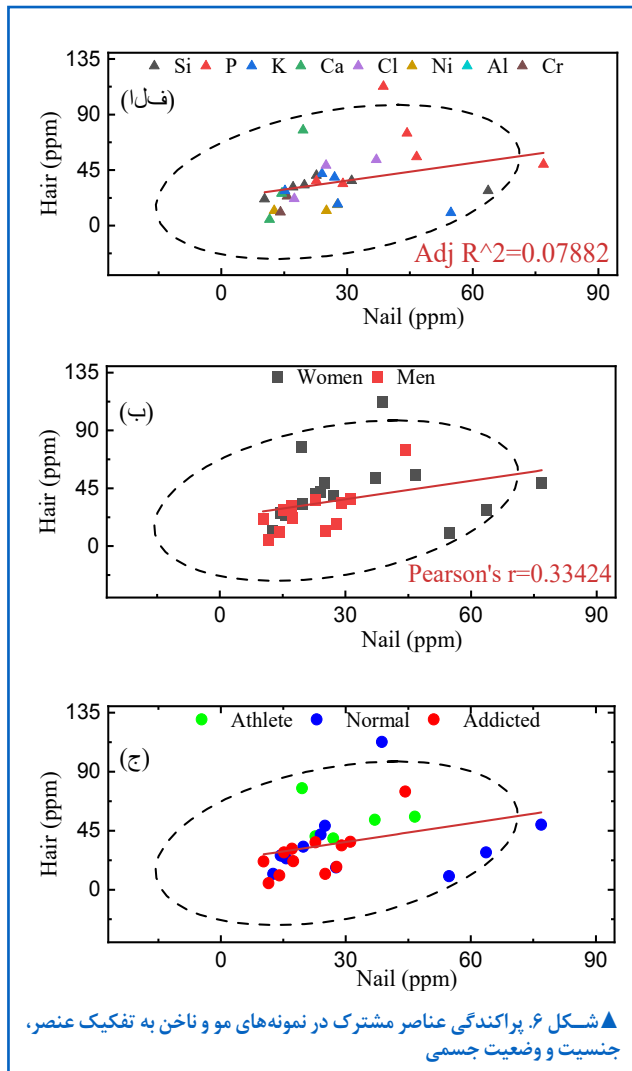
می‌رسد این اختلاف وابسته به جنسیت افراد باشد. همچنین میانگین عنصر فسفر در بین گروه سنی ۳۰-۴۰ سال بیشتر از گروه‌های سنی دیگر مورد بررسی است اما این اختلاف معنادار نبود (شکل ۳. الف) اگرچه در همین رده سنی عنصر P اختلاف ضعیفی با Ni و Co دارد (شکل ۳. ب). در سایر رده‌های سنی ۱۰ ساله اختلاف معناداری بین میانگین 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



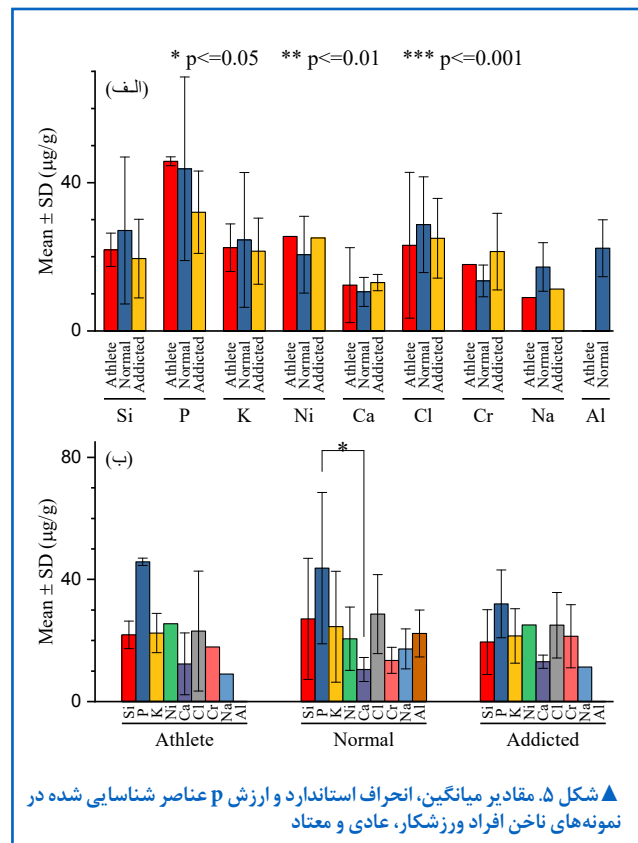
شکل ۶. ج کمتر حول خط راست در داخل بیضی پراکنده شده‌اند که این نشان می‌دهد نسبت بین مقادیر عناصر مشترک یافت شده در نمونه‌های مو و ناخن افراد معتاد یکنواخت‌تر است. به عبارت دیگر نسبت مستقیمی بین مقادیر این عناصر در نمونه مو و ناخن افراد معتاد وجود دارد.

در شکل ۷ نسبت مقدار عناصر مشترک در موی سر به مقدار آن در ناخن دست نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نسبت مقدار عناصر 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. ب). همچنین ارتباط معناداری بین نمونه‌های ناخن افراد با رده‌های سنی مختلف وجود نداشت.

عناصر Al، Ni، Cl، Ca، K، P، Si و Cr در بین عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مو و ناخن افراد مشترک بودند. در شکل ۶ نمودار پراکندگی مقدار این عناصر در نمونه‌های مو ناخن بر اساس نوع عنصر، جنسیت و گروه افراد مختلف به خط راست برازش شده است. ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر موجود در نمونه‌های مو و ناخن مقدار ۰٫۳۳ به دست آمد. در نمودار شکل ۶ الف عنصر فسفر از پراکندگی بیشتری در ناحیه بیضی با میزان اعتماد ۹۵ درصد 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 راست دارند و این بدان معناست که بین مقادیر این عناصر در بین نمونه‌های مو و ناخن در زنان یک رابطه خطی وجود دارد. همچنین عناصر یافت شده در گروه افراد معتاد در



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 $0/3$ 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 $P_H/P_N < 2$ ، $1 < P_H/P_N < 3$ و $P_H/P_N > 3$ به دست آمد که می‌تواند به عنوان یک نشانگر زیستی در پزشکی قانونی به کار رود.

تشکر و قدردانی: از همکاری صمیمانه و نزدیک همکاران شتاب‌دهنده و اندوگراف پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای ایران برای آنالیز عنصری نمونه‌ها تشکر و قدردانی به عمل 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 نویسنندگان: نویسندگان مقاله سهم یکسانی در جمع‌آوری نمونه، اندازه‌گیری داده‌ها، تحلیل و بررسی و نگارش این پژوهش دارند.
تعارض منافع: نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی 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.

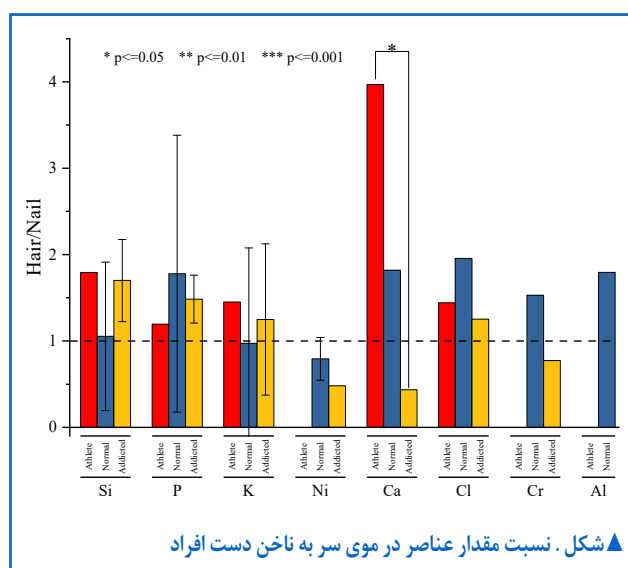
References

- Zofkova I, Nemcikova P, Matucha P. Trace elements and bone health. Clin Chem Lab Med. 2013;51(8):1555-61.
- 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.
- 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, 2011-2016. Biol Trace Elem Res. 2021.
- 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.
- 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.
- 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.

را بین گروه‌های افراد ورزشکار و معتاد نشان می‌دهد. نسبت مقدار Ca در مو به ناخن در افراد ورزشکار بزرگتر از 3 ، در افراد عادی بین 1 تا 2 و در افراد معتاد کمتر از $0/5$ 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 معناداری 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



شکل ۱. نسبت مقدار عناصر در موی سر به ناخن دست افراد

- of a marine hunting community from modern Uumannaq, North Greenland. *Chem Geol.* 2007;244(1-2):316-29.
23. Toprak S, Kahrman 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, Yamamoto 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, Bonnicksen 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, Kolodziejcki 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, Mustaqem 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