

Metalürji işçilerin saç örneklerinden tespit edilen arsenik düzeyleri

Hair arsenic levels of metallurgical workers

Vugar Ali TÜRKSOY¹, Dilek KAYA¹, Hınc Ömer YILMAZ², Tülin SÖYLEMEZOĞLU¹

ÖZET

Amaç: Birçok ülkede özellikle çevresel metal maruziyetini ve ülke standartlarını belirlemek amacıyla toplum bireylerine ait veriler değerlendirilmektedir. Bu çalışmada; arsenik maruziyeti olduğu düşünülen metalürji işçilerinin yanı sıra bilinen bir metal maruziyeti olmayan gönüllülerden alınan saç örneklerinde arsenik analizi yapılarak ülkemizde yaşayanlara ait ortalama değerlerin bulunması amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmada, 20-58 yaş arası 175 erkek metalürji işçisi ile aynı yaş grubunda (21-60 yaş) 175 erkek gönüllüye ait saç örneklerinde zeeman düzeltmeli grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektroskopisi (GFAAS) ile arsenik analizi yapılmıştır.

Bulgular: Metalürji işçilerine ait saç örneklerinde arsenik düzeyi $2,53 \pm 2,47 \mu\text{g/g}$, kontrol grubunda ise $0,21 \pm 0,20 \mu\text{g/g}$ bulunmuştur. Metal maruziyeti olan grupta bulunan sonuçlar istatistiki olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$).

Sonuç: Saç arsenik düzeyleri bilinen maruziyeti olmayan grupta standart olarak kabul edilen $1 \mu\text{g/g}$ ' ın oldukça altında iken, işçi grubunda iki kez daha yüksek olması bu grup işçiler için alınacak önlem ve yaptırımların artırılması gerektiği gerçeğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Arsenik, atomik absorpsiyon spektrometresi, maden sektörü işçileri

ABSTRACT

Objective: In many countries, data obtained from individuals has been evaluated in order to determine environmental metal exposure and country standards. In the present study, the aim is to find out the mean arsenic levels of residents of our country by detecting the arsenic levels in hair samples of metallurgical workers who were thought to be exposed to arsenic and unexposed volunteers.

Methods: The study population comprised 175 metallurgy workers aged 20 to 58 and 175 age-matched (21 to 60 years) volunteers. GFAAS equipped with zeeman background correction system was utilized for hair as determination.

Results: The average levels in hair of exposed workers and the control group was $2.53 \pm 2.47 \mu\text{g/g}$ and $0.21 \pm 0.20 \mu\text{g/g}$, respectively. The level in hair was found significantly higher in the exposed group than in the control group ($p < 0.01$).

Conclusion: The mean hair arsenic level was lower in the unexposed group and was 2-fold higher in workers than $1 \mu\text{g/g}$ that is accepted as standard, revealing that precautions and sanctions should be increased.

Key Words: Arsenic, atomic absorption spectrometry, metallurgy workers

¹ Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler Enstitüsü, ANKARA

² Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesi, ANKARA

İletişim / Corresponding Author : Hınc Ömer YILMAZ

Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesi, ANKARA

Tel : +90 505 225 08 50

E-posta / E-mail : hincyilmaz@yahoo.com

Geliş Tarihi / Received : 19.04.2013

Kabul Tarihi / Accepted : 09.05.2013

DOI ID : 10.5505/TurkHijyen.2013.27928

Türksoy VA, Kaya D, Yılmaz HÖ, Söylemezoğlu T. Metalürji işçilerin saç örneklerinden tespit edilen arsenik düzeyleri. Türk Hij Den Biyol Derg, 2013; 70(1): 15-20.

GİRİŞ

Arsenik, çevre kirlenmesi yönünden önem taşıyan toksik metallere birisidir. İnsanlar arseniğe gıdalar, su ve hava yolu ile maruz kaldıkları gibi arsenik içeren toprak veya su ile deri teması yolu ile de maruz kalabilirler. Bu metalin maruziyet sonucu insan vücuduna alınması ile birikmesi ve kronik toksik etki göstermesi söz konusudur (1). Metal madenciliği ve üretimi, demir-çelik imalatı, ilaç ve kozmetik sanayi, arsenik pestisitlerinin ve herbisitlerinin sık kullanımı, kömür tüketimi, boyalar, arsenik içeren ahşap koruyucuları gibi birçok biyogenik süreç arsenik kirliliğinin kaynağı olarak düşünülebilir (2 - 4). En zengin organik arsenik kaynakları balıklar ve su yosunlarıdır (5). İçme suları dahil bütün sıvılardan alınan arsenik miktarı katı gıdalardan alınan miktara göre daha azdır (6, 7). Arsenik, kontamine sularla sulanmış topraklar ve zirai ürünlerden besin zincirine girebilir (8). Arsenik idrarla yavaş olarak atılır; saçlarda, tırnaklarda ve deride birikir. Arsenik dört farklı değerlikte bulunan (0, -3 veya +3, +5) bir metaloidtir. Nötr arsenik gastrointestinal kanalda absorbe olmaz. Kronik arsenik maruziyetinde arsenik akciğerde, kalpte, karaciğerde, böbreklerde ve az miktarda kaslarda, sinir sisteminde ve sindirim sisteminde birikir. Arseniğin çoğu bu yerlerden temizlense de saç, tırnak ve deri gibi keratince zengin dokularda kalır. Yaklaşık iki haftalık maruziyetten sonra, arsenik saç ve tırnaklarda depolanır (9). Arsenik maruziyeti sona erdikten sonra kanda 10 saat, idrarda 96 saat kalabildiği için kronik arsenik toksitesinin biyokimyasal göstergesi çok azdır (10). Akut arsenik zehirlenmelerinden sonra yapılan atomik absorpsiyon spektroskopisi çalışmaları en yüksek arsenik konsantrasyonunun böbreklerde ve karaciğerde olduğunu göstermiştir (11).

Arsenik bileşiklerinin karsinojen etkileri ilk olarak 1887 yılında Hutchkinson tarafından belirlenmiştir. Hutchkinson, arsenikli bileşiklerle tedavi ettiği hastaların ciltlerinde tümörlere rastlamıştır (12). 1900'lü yıllardan sonra arseniğin

iç organlarda karsinojen etkisi araştırılmıştır. 1980 yılında Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) tarafından inorganik arseniğin cilt ve akciğer kanserine neden olduğu kabul edilmiştir (13). Son yıllarda yapılan çalışmalarda; mesane kanserine de yol açtığı bulunmuştur (14). Yapılan araştırmalarda risk değerlendirmesi hakkında kalitatif sonuçlar henüz verilmemiştir. Bununla birlikte arseniğe uzun süre maruz kalan yaşça nispeten genç hastalarda kanser riskinin arttığı gözlenmiştir (15). Endüstriyel maruziyet özellikle Meksika, Çin ve Güneydoğu Asya gibi gelişmekte olan ülkelerde sıklıkla görülmektedir. Bunun yanı sıra içme sularında da ciddi oranlarda arsenik içeriğine raslanmaktadır. Özellikle Bangladeş'te içme suyunun yüksek miktarda arsenik içermesi nedeniyle halkın başta cilt olmak üzere bazı kanser türlerine yakalandığı gözlenmiştir (16). İnsan tırnakları ve saçları arsenik için benzer afinite gösterirler. Saç örnekleri tırnak örneklerine göre analiz için daha uygundur; saçtan kronik arsenik zehirlenmesi dış kontaminasyonlarda hesaba katılarak teşhis edilebilmektedir. Arseniğe maruz kalmamış yetişkin bireylerin saçlarındaki arsenik seviyesi genellikle 1 mg/kg' dan daha düşük olarak belirlenmiştir (17).

Arseniğin dağılımı, akut alımda en fazla karaciğer ve böbrekte olur (18). Düşük dozlara kronik maruziyette sistemin içeren proteinlerce zengin olan saç, tırnak ve ciltte birikir. Kronik akümülyasyon akciğerde olur (19). Vücudun diğer dokuları ile karşılaştırıldığında saç ve tırnak arsenik konsantrasyonunun en yüksek olduğu bölgelerdir. Bunun nedeni bu bölgelerin trivalan arsenikle kolayca bağlanabilen SH (sülfidril) grupları içeren keratince zengin olmasıdır. Saç köklerindeki arsenik konsantrasyonu kandaki arsenikle denge halindedir. Saçta organik arsenik bileşikleri birikmez, bu nedenle saç daha çok inorganik arsenik maruziyetinin belirlenmesinde kullanılır (20). Saçın biyolojik materyal olarak kullanılmasının dezavantajı hava, kullanılan su, sabun ve şampuanlardan etkilenerek arsenik konsantrasyonunun değişmesidir.

Bu etkilerin saçtaki arsenik miktarını ne oranda değiştirdiği henüz tam olarak bilinmemektedir. Arseniğe maruziyeti bilinmeyen kişilerde yapılan araştırmalarda saçtaki arsenik miktarı ortalama 0,02-0,2 mg/kg olarak saptanmıştır (21, 22). Yüksek dozda arsenik içeren suların tüketildiği bölgelerde yapılan araştırmalarda ise bu konsantrasyonun 3-10 mg/kg seviyesine yükseldiği bulunmuştur (15).

Bu çalışmada, arseniğe maruz kaldığı düşünülen metalürji işçileri ile bilinen bir metal maruziyeti olmayan gönüllülerden toplanan saçlarda arsenik düzeyleri araştırılarak sonuçlar istatistiki olarak değerlendirilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, 20-58 yaş arası 175 erkek metalürji işçisi ile aynı yaş grubunda (21-60 yaş) Ankara'da yaşayan 175 erkek gönüllüye ait saçlar kullanılmıştır. Araştırmanın yapıldığı bölgede (İç Anadolu Bölgesi) örneklem seçme kriterlerine uygun, belirlenen metalürji işçileri grubu Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesine başvuran kişiler arasından rastgele seçilerek araştırma kapsamına alınmıştır. Bu işçilerin sektörde çalışma süreleri ortalama 9,5 yıldır. Kontrol grubu ise araştırma kriterlerine uyan gönüllü bireylerden rastgele seçilmiştir.

Saç Örneklerinin Hazırlanması

Ense bölgesinden 200-500 mg arasında alınan saçlar %0,1 Triton-X çözeltilisinde yıkanmış, birkaç kez distile suyla iyice yıkandıktan sonra 24 saat boyunca oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır (1). Arsenik analizi için 0,1 gram saç örneği hassas bir şekilde tartıldıktan sonra PTFE mikrodalga fırın teflon tüplerine yerleştirilmiş ve içlerine 5 mL konsantre HNO₃ eklenmiştir. Tüplerin kapakları kapatıldıktan sonra 15 dak 1600W'da 200 °C'de %100'lük güçte mikrodalga fırın (CEM) çalıştırılmış ve 5 dak boyunca aynı güç ve derecede fırında bekletilmiştir. Yakılan saç örnekleri 15 mL'lik döner kapaklı polipropilen tüplere aktarılmış, toplam hacim deiyonize su ile 10 mL'ye

tamamlanmıştır. Örnekler analiz anına kadar kapaklı polipropilen tüplerin içinde +4 °C' de saklanmıştır (23).

Arsenik Analizi

Mikrodalga fırında asitle yakılan örneklerin arsenik düzeyleri grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometresi (GFAAS) (Varian) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Analiz için arsenik oyuk katot lambası kullanılarak dalgaboyu 193,7 nm'ye ve 0,5 nm aralığa ayarlanmıştır. Uygun konsantrasyonlarda standart çözeltilerle kalibrasyon grafiği oluşturularak kantitatif analiz amacıyla ölçümler yapılmıştır (23-25).

Çalışma kapsamındaki örneklerin istatistiksel analizleri, IBM®SPSS Statistics® 19 yazılım paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerden oluşan tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Örneklem büyüklüğü ve grupların normal dağıldığı Shapiro-Wilk testi ile belirlenmiş ve göz önüne alındığında anlamlılık düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla kontrol ve metalürji işçisi gruplarının karşılaştırılmasında bağımsız örneklerde t-testi kullanılmıştır. Ayrıca, her iki grup sigara kullanımı açısından ayrı ayrı Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmış, sektörde çalışma süreleri, balık ve sebze tüketimi ise Pearson korelasyon testi ile değerlendirilmiştir. Minimum güven düzeyleri %95 (p<0,05) ve %99 (p<0,01) olarak belirlenmiştir.

BULGULAR

Metalürji işçilerine ait saç örneklerinde arsenik düzeyi 2,53±2,47 µg/g, kontrol grubunda ise 0,21±0,20 µg/g bulunmuştur. Metal maruziyeti olan grupta bulunan sonuçlar kontrol grubuna göre istatistiki olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p<0,01). Bulunan sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Bunların dışında; gruplar yaş, sigara kullanımı, sektörde çalışma süreleri, balık ve sebze tüketimi gibi veriler açısından da değerlendirilmiş ve aralarında istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık bulunamamıştır (p>0,05).

Tablo 1: Saçlarda tespit edilen arsenik düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)

	Kontrol Grubu	Arsenik Maruziyeti Olan İşçiler	P değeri
Örnek Sayısı	175	175	
Ortalama \pm S.S.	0,21 \pm 0,20	2,53 \pm 2,47	0,01*
Minimum Düzey	0,01	0,06	
Maksimum Düzey	0,94	11,43	

TARTIŞMA

Ülkemize ait arsenikle ilgili bazı çevresel çalışmalar bulunmakla birlikte insan dokularında arsenik tayini ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır (26). Diğer ülkelerde yapılan çalışmalar ise akut zehirlenme, risk bölgelerinde yüksek düzeyde maruziyet veya düşük düzeyde maruziyetle ilgilidir (17, 27-30).

Arseniğe maruziyeti bilinmeyen kişilerde yapılan araştırmalarda saçtaki arsenik miktarı ortalama 0,02-0,2 mg/kg olarak saptanmıştır (21, 22). Çin'de yapılan çalışmada kontrol grubunda ortalama 0,650 mg/kg olarak tespit edilmiştir (31). Çin'deki kontrol grubunda yüksek dozda arsenik içeren suların tüketildiği bölgelerde yapılan araştırmalarda ise bu konsantrasyonun 3-10 mg/kg seviyesine yükseldiği bulunmuştur (15). Çin'de arseniğe maruz kalan bölgede arsenik saç konsantrasyonu ortalama 4,4

mg/kg iken, Moğolistan'da 2,62 mg/kg, Avustralya da ise ortalama 5,52 mg/kg olarak tespit edilmiştir (32, 33). Yüksek konsantrasyonda arsenik içeren suların tüketildiği bölgelere en çarpıcı örnek Pakistan'da yapılan çalışma gösterilebilir, orada kontrol grubunda dahi yüksek düzeyde arseniğe (ortalama 1,06 mg/kg) rastlanmıştır (34). Toplumlar da otopsi sonucu alınan dokular arasında akciğer örneklerinde arsenik belirlemek amacıyla yapılan az sayıda araştırmaya rastlanmıştır, saçta arsenik arama amacıyla yapılan çalışmalar da bulunmaktadır (35-37).

Türkiye'de bu konuda yapılan tek çalışmada; meme kanserli hastaların saçlarında diğer metaller yanında arsenik düzeyi de belirlenmiş ve kontrol grubunda 1,35 $\mu\text{g/g}$, kanser hastalarında ise 9,77 $\mu\text{g/g}$ sonuç verilmiştir (38). Bu sonuçların bulgularımızdan oldukça yüksek oluşu bölgesel farklılık veya analiz yönteminin farklılığından kaynaklanmış olabileceğini düşündürmüştür.

Sonuç olarak; toksik metallerin özellikle de arseniğin, saçtaki düzeylerinin organizmanın tümündeki metal varlığını yansıttığı bilinmektedir. Saçta metallerin kan ve idrara göre çok daha yüksek düzeylerde oluşu da sonuçların daha kesin ve duyarlı olarak bulunmasını sağlamaktadır (39, 40). Ancak saçtaki düzeyle organizmanın metal yükü ve toksik etki derecesi arasındaki ilişki tam olarak aydınlatılmış olmayıp, bu konuda çalışmaların karşılaştırmalı olarak yapılacak analizlerle değerlendirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Saad A, Hassanien MA. Assessment of arsenic level in the hair of the nonoccupational Egyptian population: pilot study. *Environ Int*, 2001; 27 (6): 471-8.
2. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological profile for arsenic Atlanta, GA: US Public Health Service, 1997.
3. Nriagu JO, Pacyna JM. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace elements. *Nature*, 1988; 333: 134-9.
4. Abernathy CO, Liu Y, Longfellow D, Aposhian HV, Beck B, Fowler B, et al. Arsenic: health effects, mechanisms of actions and research issues. *Environ Health Perspect*, 1999; 107: 593-7.

5. Han B, Jeng WL, Chen RY, Fang GT, Hung TC, Tseng RJ. Estimation of target hazard quotients and potential health risks for metals by consumption of seafood in Taiwan. *Arch Environ Contam Toxicol*, 1998; 35: 711-20.
6. Thomas KW, Pellizzari ED, Berry MR. Population-based dietary intakes and tap water concentrations for selected elements in the EPA region V. national human exposure assessment survey (NHEXAS). *J Expo Anal Environ Epidemiol*, 1999; 9: 402-13.
7. Tripathi RM, Raghunath R, Krishnamoorthy TM. Arsenic intake by the adult population in Bombay city. *Sci Total Environ*, 1997; 208: 89-95.
8. Tamaki S, Frankenberger WTJ. Environmental biochemistry of arsenic. *Rev Environ Contam Toxicol*, 1992; 124: 79-110.
9. Ratnaik RN. Acute and chronic arsenic toxicity. *Postgrad Med J*, 2003; 79 (933): 391-6.
10. Buchet JP, Lauwerys R, Roels H. Comparison of the urinary excretion of arsenic metabolites after a single oral dose of sodium arsenite, monoethylarsenate, or dimethylarsenate in man. *Int Arch Occup Environ Health*, 1981; 48: 71-9.
11. Benramdane L, Accominotti M, Fanton L, Malicier D, Vallon JJ. Arsenic speciation in human organs following fatal arsenic trioxide poisoning-a case report. *Clin Chem*, 1999; 45: 301-6.
12. Benbrahim-Tallaa L, Waalkes MP. Inorganic arsenic and human prostate cancer. *Environ Health Perspect*, 2008; 116 (2): 158-64.
13. IARC. Some metals and metallic compounds. *IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum*, 1980; 23: 1-415.
14. Lamm SH, Robbins SA, Zhou C, Lu J, Chen R, Feinleib M. Bladder/lung cancer mortality in blackfoot-disease (BFD)-endemic area villages with low (lt;150 µg/L) well water arsenic levels an exploration of the dose-response poisson analysis. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2013; 65 (1): 147-56.
15. EPA. Arsenic in drinking water update 2001. National Research Council. National Academy Press. Washington, DC., 2001.
16. Hei TK. Research reports: Arsenic and cancer. *J Coll Phys Surg Col Uni*, 1999; 19 (2): 1-3.
17. Hindmarsh JT. Arsenic, its clinical and environmental significance. *J Trace Elem Exp Med*, 2000; 13: 165-72.
18. Kreppel H, Reichl FX, Kleine A, Szinicz L, Singh PK, Jones MM. Antidotal efficacy of newly synthesized dimercaptosuccinic acid (DMSA) mono esters in experimental arsenic poisoning in mice. *Fund Appl Tox*, 1995; 26 (2): 239-45.
19. Aposhian HV. Biochemical toxicology of arsenic. *Rev Biochem Toxicol*, 1989; 10: 265-99.
20. Maes D, Pate DB. The absorption of arsenic into single human head hairs. *J Foren Sci*, 1977; 22: 89-94.
21. Koons RD, Peters CA. Axial distribution of arsenic in individual human hairs by solid sampling graphite furnace AAS. *J Anal Toxicol*, 1994; 18 (1): 36-40.
22. Rogers CE, Tomita AV, Trowbridge PR, Gone JK, Chen J, Zeeb P, et al. Hair analysis does not support hypothesized arsenic and chromium exposure from drinking water in Woburn, Massachusetts. *Environ Health Perspect*, 1997; 105 (10): 1090-7.
23. Aliyev V, Kaya D, Yılmaz H, Söylemezoğlu T. The potential health risk of arsenic levels in workers exposed to arsenic (abstract). *Toxicol Lett*, 2012; 205 (Suppl 1): 214-5.
24. Rahman L, Corns W, Bryce DW, Stockwell PB. Determination of mercury, selenium, bismuth, arsenic and antimony in human hair by microwave digestion atomic fluorescence spectrometry. *Talanta*, 2000; 52: 833-43.
25. Wilhelm M, Schulz C, Schwenk M. Revised and new reference values for arsenic, cadmium, lead, and mercury in blood or urine of children: Basis for validation of human biomonitoring data in environmental medicine. *Int J Hyg Environ Health*, 2006; 209 (3): 301-5.
26. Pekey H. Heavy metal pollution assessment in sediments of the İzmit Bay, Turkey. *Environ Monit Assess*, 2006; 123 (1-3): 219-31.
27. Apostoli P, Bartoli D, Alessio L, Buchet JP. Biological monitoring of occupational exposure to inorganic arsenic. *Occup Environ Med*, 1999; 56 (12): 825-32.
28. Cuzick J, Sasieni P, Evans S. Ingested arsenic, keratoses, and bladder cancer. *Am J Epidemiol*, 1992; 136: 417-21.
29. Chiou HY, Chiou ST, Hsu YH, Chou YL, Tseng CH, Wei ML, et al. Incidence of transitional cell carcinoma and arsenic in drinking water: a follow-up study of 8102 residents in an arseniasis-endemic area in northeastern Taiwan. *Am J Epidemiol*, 2001; 153: 411-88.

30. Chen CL, Hsu LI, Chiou HY, Hsueh YM, Chen SY, Wu MM, et al. Ingested arsenic, cigarette smoking, and lung cancer risk: a follow-up study in arseniasis-endemic areas in Taiwan. *JAMA*, 2004; 292 (24): 2984-90.
31. Jin Y, Liang C, He G, Cao J. Study on distribution of endemic arsenism in China. *Wei Sheng Yan Jiu*, 2003; 32 (6): 519-40.
32. Tang MX, Cross P, Andrews H, Jacobs DM, Small S, Bell K, et al. Incidence of AD in African- Americans, Caribbean Hispanics, and Caucasians in northern Manhattan. *Neurology*, 2001; 56 (1): 49-56.
33. Hinwood AL, Sim MR, Jolley D, de Klerk N, Bastone EB, Gerostamoulos J, et al. Hair and toenail arsenic concentrations of residents living in areas with high environmental arsenic concentrations. *Environ Health Perspect*, 2003; 111 (2): 187-93.
34. Afridi HI, Kazi TG, Kazi AG, Shah F, Wadhwa SK, Kolachi NF, et al. Levels of arsenic, cadmium, lead, manganese and zinc in biological samples of paralysed steel mill workers with related to controls. *Biol Trace Elem Res*, 2011;144 (1-3): 164-82.
35. Garcia F, Ortega A, Domingo JL, Corbella J. Accumulation of metals in autopsy tissues of subjects living in Tarragona County, Spain. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*, 2001; 36 (9): 1767-86.
36. Kraus T, Quidenus G, Schaller KH. Normal values for arsenic and selenium concentrations in human lung tissue. *Arch Environ Contam Toxicol*, 2000; 38 (3): 384-9.
37. Kintz P, Ginet M, Cirimele V. Multi-element screening by ICP-MS of two specimens of Napoleon's hair. *J Anal Toxicol*, 2006; 30 (8): 621-3.
38. Benderli Cihan Y, Sözen S, Öztürk Yıldırım S. Trace elements and heavy metals in hair of stage III breast cancer patients. *Biol Trace Elem Res*, 2011; 144 (1-3): 360-79.
39. Bass DA, Hickock D, Quig D, Urek K. Trace element analysis in hair: factors determining accuracy, precision, and reliability. *Altern Med Rev*, 2001; 6 (5): 472-81.
40. Druyan ME, Bass D, Puchyr R, Urek K, Quig D, Harmon E, et al. Determination of reference ranges for elements in human scalp hair. *Biol Trace Elem Res*, 1998; 62 (3): 183-97.