

İskeletleşmiş Cesetlerde Postmortem İnterval Tayini Postmortem Interval in Skeletonized Body

Aykut Lale, Aysun Balseven Odabaşı, Ramazan Akçan, Eyup Ruşen Heybet, Ali Rıza Tümer

Corresponding author: Aykut Lale

Department of Forensic Medicine, Faculty of Medicine, Hacettepe University, Ankara, Türkiye, email: aykutlale@gmail.com

ÖZET

Postmortem interval (PMİ) cinayetler başta olmak üzere adli olayların açıklığa kavuşturulması için tespit edilmesi gereken önemli bir parametredir. Özellikle cesetler iskeletleştiğinde bu durum daha da zorlaşmaktadır. İskeletleşmiş cesetlerde bulunan parçaların adli olarak değerlendirilmesinin gerekli olup olmadığı hususu PMİ tayini ile aydınlatılabilmektedir. Bulunan parçaların adli antropolojik değerlendirilmesi ile anlamlı veriler elde edilebildiği bilinmektedir. Bunun için morfolojik, fizyokimyasal ve serolojik, radyoizotop analizleri ile çevresel değişkenlerin incelenmesi ile yapılan çalışmalar sonucunda PMİ tayini gerçekleştirilebilmektedir. Yazımızda iskeletleşmiş parçalarda PMİ tayini önemine ve bunun için kullanılan yöntemlere adli tıp uzmanlarının dikkatini çekmeyi amaçladık.

Anahtar Kelimeler: İskeletleşmiş ceset, adli antropoloji, postmortem interval.

ABSTRACT

Postmortem interval (PMI) estimation is an important parameter for forensic purpose. Espically when corpses are skeletonized, PMI estimation is more difficult too. PMI estimation assist that determination whether the forensic importance of skeletonized part. Therefore forensic anthropological evaluation produce significant data. For estimation of PMI, morphological, physiochemical, serological and radioisotop analysis and also examination of environmental variables can be performed. We aimed to point that estimation of PMI importance for skeletonized part and used methods for estimation of PMI.

Keywords: Skeletonized corpses, forensic anthropology, postmortem interval.

GİRİŞ

Postmortem interval (PMİ) tayini ölüm zamanı tayinine olanak sağlayan, adli olayların çözümü kavuşmasında yardımcı olan önemli bir parametredir. Sıklıkla kullanılan yöntemler cesette meydana gelen değişikliklerin değerlendirilerek karar verilmesine dayanmaktadır. Çürüme sürecinin hızla devam etmesi ve dokuların giderek bozulması nedeniyle postmortem interval tayini için kullanılan yöntemler de değişiklik göstermektedir. Çürüme sürecinin tamamlanması ile iskeletleşen cesetlerde postmortem interval tayini için kullanılan yöntemler ise tamamen farklılık göstermektedir.

İskeletleşmiş olarak bulunan bir kalıntıda PMİ bakımından karşımıza iskeletleşmenin gerçek-

leşebildiği en kısa zaman olan yaklaşık 2 haftadan, antik çağlara kadar çok geniş bir zaman dilimi karşımıza çıkmaktadır. 50-60 yıllık iskeletleşmiş kalıntılar adli olarak önem taşıyan kalıntılar olarak kabul edilmektedir. Antik çağlardan kalan kalıntılar ise arkeolojik olarak bir önem taşıyıcılar da adli olarak değerlendirilmeleri gerekli olmamaktadır. Bu nedenle arkeolojik kalıntılar ile adli öneme sahip olabilecek kalıntılarının ayrımının net olarak belirlenmesi önemli olmaktadır.

Bu yazıda bulunan bir iskelet kalıntısının adli olarak öneme sahip olup olmadığının belirlenmesinde kullanılabilecek PMİ tayini için kullanılan metotların aktarılması ve adli tıp uzmanlarının bu konuya dikkatinin çekilmesi amaçlanmaktadır.

ADLİ ANTROPOLOJİK YAKLAŞIM

a. Morfolojik Çalışmalar

Kemikte ortaya çıkan mikroskobik düzeyde yapısal değişiklikler; çevresel etkilerin yanı sıra bakteriyolojik ve fungal yıkım ile de ortaya çıkmaktadır. Bakteriyolojik ve fungal etkenlerin kemik doku üzerine etkisi tünelleşmeler olarak gösterilmektedir (1). Tam olarak değişkenlerin nasıl etki yaptıkları bilinmediği gibi demineralizasyon zamanlamasını net bir şekilde belirlemek mümkün olmamaktadır.

Erken dönemde demineralizasyon bulgularının oluşması, olası mekanizma olarak barsak flora bakterilerinin migrasyonu ve kemik dokuya yerleşmesi ile ortaya çıkan destrüksiyon olduğu düşünülmektedir. Postmortem 15. saat sonunda barsak mukozasının bakteri migrasyonuna izin verdiği bilinen bir durum olup gömülü cesetlerde ortaya çıkan destrüksiyonda çevresel etkenler ve toprak florasının kolonizasyonun da etkisinin olabileceği düşünülmektedir (2,3).

Marchiafava ve ark. (4) 15-20 günlük iskeletize olmuş kemik örneklerinde fungal tünelleşme bulgularını bulmuşlardır. Bell ve ark. (3) ise en erken 3 aylık inceledikleri gömülü bulunan örneklerde mikro yapısal değişiklikler bulmuşlardır. Hackett (5) ise 1 yıllık gömülmüş kemik örneklerinde bakteriyel tip değişiklikler bulmuştur. Yoshino ve ark. (6) 3 farklı ortamda (gömülmüş, suda ve açık havada) 15 yıl izledikleri kemik örneklerinde en erken mikro yapısal değişikliği, gömülmüş örneklerde 2,5 yıl sonra görmüşlerdir. Suda bırakılan örneklerde 4-5 yılda, açık havada bulunan örneklerde 15 yılda mikro yapısal değişiklikler gözlenmiştir.

b. Fizyokimyasal ve Serolojik Analizler

Nitrojen İçeriği

Aminoasitler kemiğin organik içeriğinin ana nitro-

Lale A. et al. Postmortem Interval in Skeletonized Body

jen kaynağıdır. Çürüme ve devam eden süreçlerde progresif protein kaybı olduğu bilinmektedir. Bunun sonucu olarak kemikte progresif nitrojen kaybı ortaya çıkmaktadır.

Yaşayan insanlarda kemikte yaklaşık olarak %4,5 nitrojen bulunmaktadır. Temel olarak %2,5'tan fazla nitrojen içeriği 350 yıldan daha kısa PMİ, %3,5'tan fazla nitrojen içeriği 50 yıldan daha kısa PMİ ölçütü olarak kabul edilmektedir. Ancak bu durumun iskeletin bulunduğu ortamın nemi, sıcaklığı, pH'ı ve iskeletin açık havaya maruz kalıp kalmaması gibi faktörlere göre değişkenlik gösterdiği, ayrıca bulunan ve incelenen örneğin hangi kemiğe ait olduğunun önemli bir değişken olduğu bilinmektedir (7).

Nitrojen içeriğinin tespiti için kullanılan Kjeldahl tekniğinde organik içeriği noniyonize ve kuru hale getirilen kemiğin 100 gr lık parçalara ayrılarak içeriğinde ölçülen nitrojen miktarının yıllara göre giderek azalımı gösterilmektedir (8). Bu azalma Jarvis ve ark. tarafından yapılan ve 26-90 yıllık örneklerin incelendiği çalışmada PMİ ile uyumlu bulunmuştur. 4,04-3,57 g/100 g aralığında değişen değerler ölçülen çalışmada 1,2 m ve daha derin gömülmenin PMİ'i etkilemediği, yağ ile kontamine olmuş örneklerin ise uyumlu sonuçlar vermediği gösterilmiştir (9).

Aminoasit İçeriği

Kemikte bulunan, ısıtma ve hidroklorik asite maruz bırakarak serbestleştirilen aminoasitler incelendiğinde, kemik yapıda 15 aa tespit edilmektedir. Miktar olarak glisin, alanin gibi fazla olan aa ler olmasına rağmen PMİ için en değerli bilgileri prolin ve hidroksiprolinin verdiği görülmüştür (10,11).

Prolin ve hidroksiprolin 50 yıl ve daha üzerinde PMİ bulunan örneklerde bulunamamaktadır. Diğer aa ler daha uzun sürelerde kaybolmaktadır. Hatta glisin 1000 yıllık örneklerde dahi tespit edilebilmektedir. Fakat yapılan araştırmalarda 4 adet adli PMİ'e sahip örneğin incelenmesinde prolin ve

hidroksiprolin tespit edilememesine rağmen arkeolojik olarak elde edilmiş 16 örneğin 3 tanesinde prolin ve hidroksiprolin tespit edilmesi prolin ve hidroksiprolinin güvenilirliğini düşürmüştür (8). Bu durumunun suda çözünen bu iki aminoasitin çevresel kontaminasyon ile kemik dokuya penetre olmasından ileri geldiği düşünülmüştür (7).

Kemik Florasansı

Örneklerin UV ışık altında değerlendirilmesi ve diafiziyal kemiğin mavi-beyaz florasansının zamansal olarak azalması PMI tayini için anlamlı sonuçlar vermektedir. Florasans kaybı kemiğin meduller ve subperiostal bölgelerinden başlayarak bir sandviç etkisi oluşturmaktadır (12). 460 nm UV ışık altında 15 yıllık örneklerde %20 oranında florasans yoğunluk kaybı tespit edilmektedir (6). Ancak yapılan güncel çalışmalar ile kemik florasının PMI ile tam olarak korele olmadığı gösterilmektedir (13).

Genel olarak adli açıdan anlamlı iskelet örneklerini tespit etmek için kemik florasansı bir başlangıç metodu olarak görülse de sadece mavi-beyaz florasansın yetersiz kaldığı sarı florasans ile beraber 90 yıl ve üzerinde PMI bulunan örnekler için daha değerli veriler verebileceği belirtilmektedir (14).

Benzidin Zincir-Luminol Reaksiyonu ve İmmünolojik Çalışmalar

Benzidin reaksiyonu zaman içinde kemik matriksinde kalan hemoglobin içeriğinin gösterilmesine dayanan bir yöntemdir. Genellikle kısa PMI'e sahip vakalar için kullanılmaktadır (15). 150 yıllık örneklerin incelenmesi ile pozitif sonuçlar elde edilebilmektedir (8). Fakat yanlış pozitiflik oranı yüksek olarak kabul edilmektedir. Benzidinin karsinojenik özelliklerinin de keşfedilmesi ile aminobenzidin kullanılmaya başlanmıştır. Ancak aminobenzidin ise 50 yıllık örneklerde dahi negatif sonuçlar verebilmektedir (16).

Luminol kan kalıntılarının tanımlanması için kullanılan, hemoglobinin hem grubuyla peroksidaz reaksiyonu veren, alkalin özellikte bir ayıraçtır. Sıklıkla olay yeri incelemelerinde kan kalıntılarının tespit edilmesi için kullanılmaktadır.

Fakat zaman içerisinde bioluminesansın azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmaların ise en büyük dezavantajı çıplak gözle yapılmalarıdır. Geliştirilen yazılımlar ile daha objektif sonuçlar alınabilmektedir. 50 yıllık PMI sonrasında ise test negatif sonuç vermektedir (17).

Ramsthaler ve ark'nın (18) yaptığı çalışma ile basit ve kolay uygulanabilen bu yöntemin %15 yanlış negatif sonuç verdiği %89 oranında doğru sınıflandırma sağladığı gösterilmiştir.

Antihuman serum çalışmaları yapılmış ve 5 yıllık PMI de pozitif sonuçlar alınmasına rağmen sonuçlar güvenilirmez bulunmuştur (8). Kemikle gerçekleşen nonspesifik reaksiyonlar, toprak kontaminasyonu ve tam olarak bilinmeyen kontaminasyonlar nedeniyle çok sık olarak yanlış pozitif sonuçlara rastlanmıştır (19). İmmünolojik olarak kemik yağ içeriği incelemeleri yapılmış ve güvenilir sonuçlar elde edilememiştir (11).

Sitrat Analizi

Sitrat insan vücudunda %90 oranında kemikte bulunan, kemikteki oranı %1,5-2 arasında olan, yaş, cinsiyet ve incelenen kemik türüne göre ciddi değişiklikler oluşturmayan bir moleküldür. PMI'i 100 yıldan fazla olan vakalarda %1 den az tespit edilmektedir. Schwarcz ve ark.'nın (20) yaptığı çalışmada PMI'i 1000 günden az olan vakalar için daha değerli veriler elde edildiği belirtilmektedir. Yapılan çalışmada gömülü kemiklerde ilk 1 aylık sürede muhtemel bakteriyel kaynaklı hızlı bir kayıp olduğu bu dönem ihmal edildiğinde logaritmik bir formül oluşturulmaktadır. Çalışmada farklı çevresel özellikler kullanılarak sitrat seviyelerinin bu değişikliklerden ciddi olarak etkilenmediği gösterilmiştir. Florin, silikon, uranyum gibi mineraller taranmış ve gömülmüş örneklerde topraktan kontaminasyonun sonuçları ciddi şekilde etkilediği bulunmuştur (20).

c. Radyoizotop Çalışmalar

Çevresel şartlardan etkilenmeyen, belirli yarı ömürleri olan, vücut komponentleri arasında bulunan radyoaktif elementlerin incelenmesine dayanan yöntemlerdir. Diğer yöntemlere göre daha kesin sonuçlar verdikleri düşünülmektedir. Fakat

bu yöntemlerin de kısıtlılıkları mevcuttur. Eskiden daha pahalı, zahmetli ve uzun zaman alan analizler Accurate Mass Spektrometre (AMS) kullanımının yaygınlaşması ile daha kolay hale gelmektedir (15).

Bu elementler için aranan kriterler;

- Çevresel dağılımının bilinmesi, homojen olması,
- Dokulara dağılım yolunun bilinmesi,
- Kemik dokuya penetrasyonun stabil olması, kişiden kişiye değişkenlik göstermemesi,
- İncelenen kemik türüne göre değişkenlik göstermemesi,
- Yarılanma ömrünün kısa olması,
- Postmortem kontaminasyon bulunmaması olarak dikkati çekmektedir (7).

Radyokarbon (¹⁴C)

¹⁴C, atmosferin üst katmanlarında oluşan ve hızla okside olup ¹⁴C olarak doğaya karışan bir radyoaktiftir. Fotosentez ile bitkilerin yapısına dahil olarak besin zincirinin en alt basamağından sisteme dahil olmaktadır. Bu sistematik ile kemiğin majör organik komponentini oluşturan kollojen yapısına katılmaktadır (7). Ölümle beraber kollojen yapısının sona ermesi ve radyokarbonun yarılanmaya başlaması PMI tayininde kullanılmaktadır. ¹⁴C yarıömrü ise 5730 yıldır.

¹⁴C'un vücut konsantrasyonları C atomunun vücuttaki düzenli dağılımı nedeniyle atmosferik konsantrasyonlarıyla uyumlu bulunmaktadır. Bu nedenle PMI tayininde kullanılması için gerekli olan kemik ¹⁴C miktarlarının hesaplanabilmesi için atmosferik oranlarının bilinmesi gerekmektedir. Atmosferik ¹⁴C konsantrasyonları ise temel olarak üç ayrı döneme ayrılarak değerlendirilmektedir (21).

- Modern olmayan zamanlar (1650 yıllarının öncesi)
- Premodern zaman (1650 – 1950 yılları arası)
- Modern zaman (1950 yılından sonra)
- Bu zamansal ayrımın yapılmasında iki önemli olay bulunmaktadır.
- 1650'li yıllarda gerçekleşen sanayi devrimi
- 1950'li yıllarda giderek artan nükleer deneyler ve Japonya'ya atılan atom bombaları

Sanayi devrimi ile kullanılmaya başlayan ve giderek artan fosil yakıtlar ve bunların yanma ürünü olan CO₂ emisyonun giderek artması sonucunda atmosferik radyokarbon konsantrasyonunda yaklaşık %3 oranında azalma oluşmuştur (22).

Nükleer deneyler ve atom bombalarının etkileriyle karbon atomları radyoaktivite kazanmış ve atmosfere homojen olarak diffuse olmuştur (Success efekt). Bu durumun sonucu olarak atmosferik radyokarbon konsantrasyonunda yaklaşık %65 oranında artış oluşmuştur (22).

Modern dönemde karşımıza çıkan bir diğer kısıtlılık ise kemik kollojen turnover zamanının 15-30 yıl gibi bir zaman olmasından kaynaklanmaktadır. Bu değişkenlik PMI tayinin atmosferik radyokarbon konsantrasyonun daha düşük ya da daha yüksek bir zamandan yapılmasına neden olabilmekte olup, analizin güvenilirliğini düşürmektedir. Bu nedenle diğer yöntemlerden destek alınması önerilmektedir (7).

Radyokarbonun yarılanma ömrünün çok uzun olması ve adli önemi olan vakaların PMI tayininde tespit edilen kısıtlılıklar araştırmacıları diğer radyoaktif elementleri araştırmaya yönlendirmiştir.

Diğer Elementler

Yapılan araştırmalarda nükleer deneyler ile seviyeleri yükselmiş olan birçok madde denenmiştir.

- ²¹⁰Pb: 22,3 yıl
- ²¹⁰Po: 138,4 gün
- ⁹⁰Sr: 28,5 yıl
- ³H: 12,4 yıl
- ¹³⁷Cs: 30,3 yıl

²¹⁰Pb ve ⁹⁰Sr ile yapılan çalışmalarda yapıları ve kemikteki depolanmaları kalsiyuma benzediği için dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir (15). Fakat iki radyoaktif maddenin de dağılımı bölgesel değişkenlik göstermekte olup, bu değişkenlik tam olarak belirlenememiştir (22).

²¹⁰Pb kemik dokularda değişken olarak depolanmaktadır. Örneğin kemik yüzeyinde 3 mikrometrelik derinliğe kadar dört kat daha fazla depolanmaktadır. Ayrıca kemik türleri arasında

farklı depolanma oranları mevcut olup, örneklem standardı bulunmamaktadır. ²¹⁰Pb farklı yaş gruplarında farklı sonuçlar vermektedir (22).

⁹⁰Sr'un tam olarak diyetssel metabolizması bilinmemektedir. ⁹⁰Sr ölçümü için kullanılan analitik yöntemler tam olarak standardize edilememiştir. Ölçüm sonuçlarında %15'ten fazla belirsizlik sapmaktadır. Postmortem dönem sonrasında antik çağlardan kalmış örneklerde de ⁹⁰Sr'un tespit edilmiş olması postmortem dönemde çevreden kemik dokuya kontaminasyonun var olduğunu düşündürmektedir (15,22).

ÇEVRESEL DEĞİŞKENLERİN İNCELENMESİ

Toprak içeriğindeki iyonlar ve serbest yağ asidi çözünürlüklerinin değişiklikleri incelendiğinde, yapılan ilk çalışmalar yüz güldürücü olmasına rağmen (iki vakada yaklaşık 2 haftalık farkla PMİ tayini gerçekleştirilmiş) çok fazla değişkenden etkilenmesi nedeniyle güvenilir bulunmamaktadır (13).

Kemirgen ve leş yiyicilerin ceset üzerindeki etkileri zamansal olarak değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlarda ise; %70 ten fazla iskelet parçasının ölümden 4,5 ay sonrasına kadar toplanabildiği, 6 aydan sonra bu oranın giderek azalmakta olduğu görülmektedir. Ayrıca zaman içerisinde iskeletlerin disartiküle hale geldiği ve toplanabilen iskelet parçalarının giderek daha fazla alana yayıldığı ve bu durumda en etkili fak-

törün kemirgen ve leş yiyiciler olduğu belirlenmiştir (23,24).

Ek olarak iskeletle ilişkili olan materyallerin bozunma zamanlarından faydalanılarak yardımcı tahmin süreleri elde edilebilmektedir (25).

Çevrede bulunan bitkilerin ve ağaçların gelişim paternleri incelendiğinde gövde halkalarının değerlendirilmesi sonucunda anlamlı veriler elde edilebilmektedir (26).

SONUÇ

İskeletleşmiş cesetlerde ya da kemik parçalarında PMİ tayininde tek bir test ya da yöntem ile kesinlik içeren sonuçlar verilmesi mümkün görünmemektedir. Çünkü sıklıkla kullanılan parametreleri etkileyen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreç bulunmaktadır. Sadece adli patolojik yöntemler, çürümenin ilerlemesi ile doğruluklarını yitirmeye başlamakta ya da daha nonspesifik zaman tayinleri sağlamaktadır. Bu nedenle multidisipliner bir yaklaşım ile vakaların çözüme kavuşturulmaya çalışılması gerekmektedir. İskeletleşmenin gerçekleşmesi ile adli antropolojik yöntemlerden destek alınmasının daha doğru tahminler yapılmasına olanak sağladığı bilinmekte olup, özellikle imkan varlığında radyoaktif izotop tayini yöntemlerinin, kriterleri net olarak ortaya konduğu zaman çevresel değişkenlerden en az etkilenen ve uygun şekilde çalışıldığında en doğru sonuçların elde edilmesine olanak sağlayan analizler olduğu dikkati çekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Jans MM. Microbial bioerosion of bone—a review. In: Wisshak M, Tapanila L Eds. Current Developments in Bioerosion. Berlin: Springer Verlag, 2008:397-413.

2. Kellerman G, Waterman N, Scharefenberger L. Demonstration in vitro of postmortem bacterial transmigration. Am J Clin Pathol 1976;66(5):911-5.

3. Bell LS, Skinner MF, Jones SJ. The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. Forensic Sci Int 1996;82(2):129-40.

4. Marchiafava V, Bonucci E, Ascenzi A. Fungal osteoclasia: A model of dead bone resorption. Calc Tiss Res 1974;14(1):195-210.

5. Hackett C. Microscopical focal destruction (tunnels) in exhumed human bones. Med Sci Law 1981;21(4):243-65.

6. Yoshino M, Kimijima T, Miyasaka S, Sato H, Seta S. Microscopical study on estimation of time since death in skeletal remains. Forensic Sci Int 1991;49(2):143-58.

7. Swift B. The timing of death. In: Rutty GN ed. Essentials of Autopsy Practice. London: Springer-Verlag, 2006:189-214.

8. Knight B. Methods of dating skeletal remains. Med Sci Law 1969;9(4):247-52.

9. Jarvis DR. Nitrogen levels in long bones from coffin burials interred for periods of 26–90 years. Forensic Sci Int 1997;85(3):199-208.

10. Knight B, Lauder I. Practical methods of dating skeletal remains: a preliminary study. Med Sci Law 1967;7(4):205-8.

11. Knight B, Lauder I. Methods of dating skeletal remains. Hum Biol 1969:322-41.

12. Saukko P, Knight B. Knight's Forensic Pathology. London: Edward Arnold Publishers, 2004.

13. Buchan M, Anderson G. Time since death: A review of the current status of methods used in the later postmortem interval. Can Soc Forensic Sci J 2001;34(1):1-22.

14. Hoke N, Grigat A, Grupe G, Harbeck M. Reconsideration of bone postmortem interval estimation by UV-induced autofluorescence. Forensic Sci Int 2013;228(1):176.e1-e6.

15. Forbes SL. Potential determinants of postmortem and postburial interval of buried remains. In: Tibbet M, Carter DO eds. Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains, Boca Raton: CRC Press, 2009:225-46.

16. Pollard A. Dating the Time of Death. In: Hunter J, Roberts CA, Martin A eds. Studies in Crime: An Introduction to Forensic Archaeology. London: BT Batsford Publishers, 1996:139-55.

17. Introna F, Di Vella G, Campobasso CP. Determination of postmortem interval from old skeletal remains by image analysis of luminol test results. J Forensic Sci 1999;44:535-8.

18. Ramsthaler F, Kreutz K, Zipp K, Verhoff M. Dating skeletal remains with luminol-chemiluminescence. Validity, intra-and interobserver error. Forensic Sci Int 2009;187(1):47-50.

19. Brandt E, Wiechmann I, Grupe G. How reliable are immunological tools for the detection of ancient proteins in fossil bones? Int J Osteoarchaeol 2002;12(5):307-16.

20. Schwarcz HP, Agur K, Jantz LM. A new method for determination of postmortem interval: citrate content of bone*. J Forensic Sci 2010;55(6):1516-22.

21. Taylor R, Suchey J, Payen L, Slota P. The use of radio-carbon (14C) to identify human skeletal materials of forensic science interest. J Forensic Sci 1989;34(5):1196-205.

22. Cook GT, MacKenzie AB. Radioactive isotope analyses of skeletal materials in forensic science: a review of uses and potential uses. Int J Legal Med 2014:1-14.

23. Haglund WD. Dogs and coyotes: Postmortem Involvement with Human Remains. Boca Raton: CRC Press, 1997: 367-81.

24. Haglund WD, Reay DT, Swindler D. Tooth mark artifacts and survival of bones in animal scavenged human skeletons. J Forensic Sci 1988;33(4):985-97.

25. Morse D, Dailey R. The degree of deterioration of associated death scene material. J Forensic Sci 1985;30:119-27.

26. Cardoso H, Santos A, Dias R, Garcia C, Pinto M, Sérgio C, Magalhães T. Establishing a minimum postmortem interval of human remains in an advanced state of skeletonization using the growth rate of bryophytes and plant roots. Int J Legal Med 2010;124(5):451-6.